Environnement Canada Environment Canada

Institut national de recherches en hydrologie

* Les auteurs sont tous associés au Département des sciences géologiques de l'université Queen's, à Kingston (Ontario). La présente étude a été subventionnée par le Programme de subvention à la recherche sur les ressources en eau, de la Direction générale des eaux intérieures.

RAPPORT N° 10 DE L'INRH
ÉTUDE N° 119, SÉRIE SCIENTIFIQUE DE LA DGEI

Étude hydrogéochimique de l'atténuation et la remobilisation de contaminants dans les terrains de recouvrement du Big Swamp, près de Picton, en Ontario

D.E.J. Creasy, R.J. Patterson et W.A. Gorman*

INRH

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES EN HYDROLOGIE
DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
OTTAWA, CANADA, 1981

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983

N° de cat. Em 36-502/119F

ISBN 0-662-91956-4

Table des matières

	Page
RESUME	ix
ABSTRACT	ix
INTRODUCTION	1
OBJECTIFS	1
REGION ETUDIEE	1
Emplacement et accès	1
Géologie	2
Type de sol et végétation	2
METHODES D'ETUDE	4
Etudes préliminaires	4
Méthodes sur le terrain	4
LABORATOIRE	5
Expériences d'atténuation	5
Expériences de remobilisation des contaminants	6
Techniques analytiques - sédiments	7
Techniques analytiques - eaux	8
RESULTATS ET DISCUSSION	9
Topcgraphie de la région étudiée	9
Hydrogéologie	9
Analyse préliminaire des sédiments	12
Qualité des eaux souterraines	20
Expériences d'atténuation	27
Chlorures et principaux cations	33
Fer et manganèse	34
Sulfate, phosphate, nitrate-nitrite, ammonium et bicarbonate	34
Expériences de remobilisation	35
Principaux cations échangeables	37
Effets potentiels des eaux de percolation d'une décharge sur la qualité des eaux souterraines dans le marais de Big Swamp	37
CONCLUSION	43
RECHERCHES FUTURES-RECOMMANDATIONS	44
REFERENCES	44
ANNEXE A. Calculs de la conductivité hydraulique de certaines colonnes de sédiments	47
ANNEXE B. Calculs de la saturation en calcite et en dolomite des eaux souterraines de Big Swamp	48

Table des matières (suite)

Page

ANNEXE C. Indice des pyrophosphates - Classification histosol de certains sédiments organiques de Big Swamp 50

ANNEXE D. Rapport des concentrations initiales aux concentrations finales (C/C_o) pour les expériences de contamination des sédiments 52

ANNEXE E. Résultats des expériences de remobilisation des contaminants utilisant l'eau de pluie simulée 54

Tableaux

1. Résumé des techniques utilisées pour l'analyse des eaux 9

2. Niveau de la nappe phréatique dans la région étudiée, 1977 12

3a. Pertes à la calcination pour les sédiments de loam sableux provenant de la région de Big Swamp 14

3b. Pertes à la calcination pour les sédiments riches en matières organiques provenant de la région de Big Swamp 14

4. Concentrations des métaux lourds dans les sédiments non contaminés provenant de la région de Big Swamp 15

5. Concentrations des principaux cations échangeables dans les sédiments non contaminés provenant de la région de Big Swamp 17

6a. Analyses chimiques des échantillons d'eau souterraine provenant de la région de Big Swamp, le 3 août 1977 21

6b. Analyses chimiques des échantillons d'eau souterraine provenant de la région de Big Swamp, le 20 septembre 1977 22

Tableaux (suite)

Page

6c. Analyses chimiques des échantillons d'eau souterraine provenant de la région de Big Swamp, le 19 octobre 1977 23

7. Données sur la qualité des eaux à partir des expériences d'atténuation 24

Illustrations

Figure 1. Emplacement de la région étudiée 2

Figure 2. Physiographie du comté de Prince-Edouard 3

Figure 3. Types de sol dans la région de Big Swamp et ses environs 4

Figure 4. Profil de sol caractéristique du loam de Darlington 4

Figure 5. Méthode de prélèvement des carottes de sédiments: (a) technique d'échantillonnage utilisée dans les sédiments de loam sableux; (b) technique d'échantillonnage utilisée dans les sédiments riches en matières organiques 5

Figure 6. Méthode d'empilage des carottes de sédiments utilisée pour construire les colonnes d'essai 6

Figure 7. Schéma du montage utilisé dans les expériences de remobilisation des contaminants 7

Figure 8. Topographie de la région étudiée 10

Figure 9. Données sur le niveau hydrostatique dans des puits privés de la région de Big Swamp 11

Figure 10. Niveau hydrostatique le long du profil A2-B2 perpendiculaire à l'axe longitudinal de Big Swamp 11

Illustrations (suite)

Page

Figure 11. Courbe de l'altitude en fonction du niveau hydrostatique d'après des données recueillies par des piézomètres installés dans le drumlin de Big Swamp au cours de l'automne de 1977 11

Figure 12. Diffractogrammes aux rayons X caractéristiques d'échantillons de sol de la région étudiée: (a) sédiments de loam sableux; (b) sédiments riches en matières organiques 13

Figure 13. Répartition des métaux lourds dans le profil de sol du loam de Darlington avant la contamination 19

Figure 14. Courbes critiques du chlorure pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation 27

Figure 15. Courbes critiques du calcium et du magnésium pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation 28

Figure 16. Courbes critiques du sodium et du potassium pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation 29

Figure 17. Courbes critiques du fer et du manganèse pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation 30

Figure 18. Courbes critiques du sulfate et du phosphate pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation 31

Figure 19. Courbes critiques du nitrate-nitrite et de l'ammonium pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation 32

Figure 20. Courbes critiques du bicarbonate pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation 33

Figure 21. Valeurs de qualité de l'eau après remobilisation des contaminants pour les colonnes S3, S5, S6 et S8 36

Illustrations (suite)

Page

Figure 22. Variations des concentrations des principaux cations échangeables à différentes étapes des expériences d'atténuation et de remobilisation: (a) sédiments non contaminés et sédiments complètement contaminés; (b) sédiments non contaminés et sédiments lavés par l'eau de pluie 38

Figure 23. Comparaison des teneurs de l'eau de percolation brute, de l'eau de percolation atténuée et des eaux souterraines de Big Swamp en calcium, magnésium, sodium et potassium 39

Figure 24. Comparaison des teneurs de l'eau de percolation brute, de l'eau de percolation atténuée et des eaux souterraines de Big Swamp en fer, manganèse, bicarbonate et chlorure 40

Figure 25. Comparaison des teneurs de l'eau de percolation brute, de l'eau de percolation atténuée et des eaux souterraines de Big Swamp en ammonium et nitrate-nitrite 41

Figure 26. Comparaison des teneurs de l'eau de percolation brute, de l'eau de percolation atténuée et des eaux souterraines de Big Swamp en sulfate et phosphate, ainsi que de leur DBO_5 et leur conductivité 42

Résumé

On reconnaît que la contamination des eaux souterraines est un problème fréquent dans les décharges utilisées pour l'élimination des déchets municipaux et industriels. La plupart des recherches hydrogéologiques courantes concernant l'élimination des déchets portent sur la migration des contaminants dans les sédiments inorganiques. Pour mieux comprendre les interactions entre les contaminants potentiels et les sédiments organiques, on a effectué une étude détaillée faisant intervenir à la fois des sédiments de surface riches en matières organiques et des sédiments de surface inorganiques provenant d'un emplacement prévu pour une décharge potentielle. Les données obtenues permettent de déterminer si les sédiments organiques sont plus aptes que les matériaux clastiques à grains fins à atténuer les contaminants potentiels dans les eaux de percolation des décharges.

La capacité des matières organiques à atténuer la teneur en Ca, Mg, Na, Fe, Mn, NH_4, Cl, HCO_3, SO_4, PO_4, et NO_3-NO_2 est similaire à celle des sédiments inorganiques analysés. Les expériences d'atténuation des contaminants ont porté sur des volumes égaux de sédiments organiques et inorganiques; en poids sec, les sédiments organiques sont deux à trois fois plus efficaces. La conductivité hydraulique relativement élevée des sédiments organiques (10^{-1} à 10^{-2} cm/s) favoriserait le cheminement sélectif des eaux de percolation des décharges à travers ces matériaux et, étant donné que le débit des eaux souterraines s'en trouverait relativement accru, la dispersion et la dilution augmenteraient. Des sédiments clastiques de conductivité hydraulique voisine auraient probablement une capacité d'atténuation beaucoup moins élevée que les sédiments organiques, même à volume égal.

Abstract

Contamination of ground water has been recognized as a frequent problem at sanitary landfill sites used for the disposal of municipal and industrial wastes. Most of the current hydrogeologic research concerning waste disposal has focused on the migration of contaminants through inorganic sediments. To increase our understanding of the interactions between potential contaminants and organic sediments, a detailed study of both organic-rich and inorganic surficial sediments from a location designated as a potential landfill site was conducted. From the data obtained in this study, the effectiveness of organic sediments for attenuating potential contaminants in landfill leachate could be evaluated relative to fine-grained clastic materials.

The attenuation capacity of the organic materials with respect to Ca, Mg, Na, Fe, Mn, NH_4, Cl, HCO_3, SO_4, PO_4 and NO_3-NO_2 was similar to that found in the inorganic sediments tested. The attenuation experiments were conducted using the same bulk volumes of organic and inorganic sediment; hence on a dry weight basis, the organic sediments are two to three times more effective in attenuating potential contaminants. The relatively high hydraulic conductivity of the organic sediments (10^{-1} to 10^{-2} cm/s) would favour selective channelling of landfill leachate through these materials, and since the rate of ground water flow would be relatively rapid, the significance of dispersion and dilution would be increased. Clastic sediments with similar hydraulic conductivities would likely have much lower attenuation capacities than organic sediments, even when compared on a volume basis.

Étude hydrogéochimique de l'atténuation et la remobilisation de contaminants dans les terrains de recouvrement du Big Swamp, près de Picton, en Ontario

D.E.J. Creasy, R.J. Patterson et W.A. Gorman

INTRODUCTION

On reconnaît que la contamination des eaux souterraines est un problème fréquent dans les décharges utilisées pour l'élimination des déchets municipaux et industriels. Pour répondre à cette situation, particulièrement depuis le début des années 1970, on a considérablement intensifié les recherches relatives à la contamination des eaux souterraines due à l'enfouissement des déchets solides et liquides. Jusqu'à aujourd'hui, la plupart des recherches hydrogéologiques ont surtout porté sur la migration des contaminants dans des sédiments inorganiques, qui, au Canada, sont généralement des dépôts glaciaires. Par contre, peu de recherches sur les sédiments riches en matières organiques (par exemple la tourbe) ont été effectuées, bien que ce type de sédiment soit relativement commun en Ontario et au Québec et puisse constituer des bassins hydrogéochimiques importants pour les métaux lourds et d'autres substances toxiques.

OBJECTIFS

Pour mieux comprendre les interactions entre les contaminants typiques et les sédiments organiques, on a effectué une étude détaillée faisant intervenir des sédiments de surface, riches en matières organiques, provenant d'un emplacement prévu pour une décharge potentielle. L'étude visait particulièrement à:

1. Effectuer des expériences d'atténuation dans lesquelles de l'eau contaminée traverserait des colonnes de sédiments organiques non perturbés.

2. Evaluer l'importance de la remobilisation des contaminants logés dans des sédiments organiques.

3. Evaluer, à partir des résultats expérimentaux et des données recueillies sur le terrain, les effets probables de l'aménagement d'une décharge sur la qualité des eaux souterraines.

REGION ETUDIEE

Emplacement et accès

L'étude sur le terrain a été effectuée dans le marais de Big Swamp, qui a une superficie d'environ 14.2 km^2 et qui est situé dans la partie sud-ouest du canton de Sophiasburg et la partie centre-nord du canton de Hallowell, comté de Prince-Edouard (Ontario) (figure 1). Trois routes publiques traversent le marais: la route 14, la route de comté 4 et une route cantonale.

La figure 1 montre de façon détaillée l'emplacement de la région étudiée. L'accès à cette région et à l'intérieur de celle-ci se limite à des chemins de terre et à des sentiers.

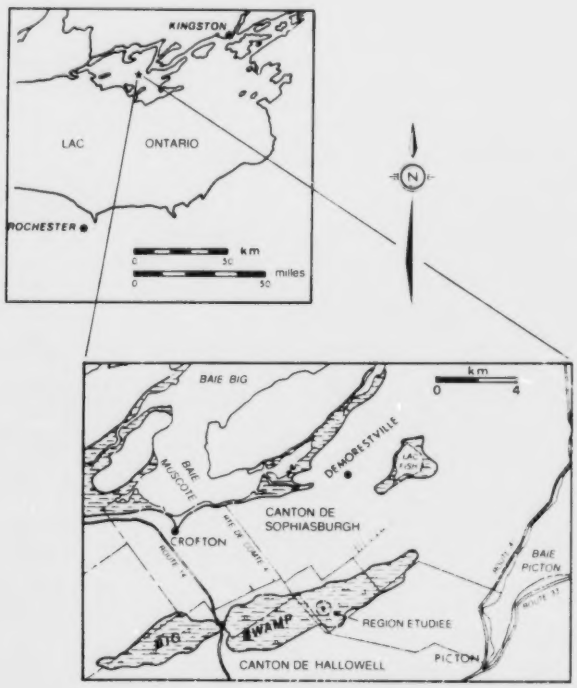


Figure 1. Emplacement de la région étudiée.

Géologie

La roche de fond de la région de Big Swamp est constituée de calcaires paléozoïques qui recouvrent en discordance le socle précambrien (Liberty, 1960). La succession paléozoïque se divise en deux groupes, celui de Black River et celui de Trenton, lequel recouvre le premier. Seules les roches du groupe de Trenton affleurent dans le comté de Prince-Edouard.

Pendant le Wisconsin du Pléistocène, tout le comté de Prince-Edouard était recouvert d'une calotte glaciaire de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur. Cette calotte glaciaire a commencé à fondre il y a environ 20 000 ans, la déglaciation du comté survenant il y a environ 12 000 ans (Watt et coll., 1973). Par suite de cette épisode glaciaire, une mince couche assez uniforme de sédiments glaciaires s'est déposée sur la roche de fond. Dans les zones basses de silt, d'argile ou de roche de fond relativement imperméables, des tourbières et des marais, dont le plus grand est Big Swamp, se sont formés (Mirynech, 1962). La figure 2 illustre la physiographie du comté de Prince-Edouard (Chapman et Putnam, 1972).

Type de sol et végétation

La région de Big Swamp repose principalement sur une terre noire riche en matières organiques, dont l'épaisseur varie de 30 cm à 100 cm (figure 3). Cette couche recouvre à son tour une argile bigarrée contenant un pourcentage relativement élevé de particules de la taille du sable et du silt. A toutes fins pratiques, la terre noire n'a jamais été cultivée et, actuellement, la zone marécageuse est recouverte d'une forêt d'érables à sucre, d'érables noirs et d'ormes. L'abondance des espèces d'érables à sucre laisse penser que les inondations ne sont pas fréquentes dans le bassin de Big Swamp.

Le seul autre type de sol important qu'on trouve dans la région de Big Swamp est celui qui couvre plusieurs drumlins élevés, dont l'un se trouve dans la zone d'étude détaillée. Les drumlins sont caractérisés par du loam de Darlington (Richards et Morwick, 1948), et la figure 4 montre un profil caractéristique de ce type de sol. Le loam contient environ 50 % de sable et 50 % de silt et d'argile, et il est bien drainé, à l'intérieur comme en surface.

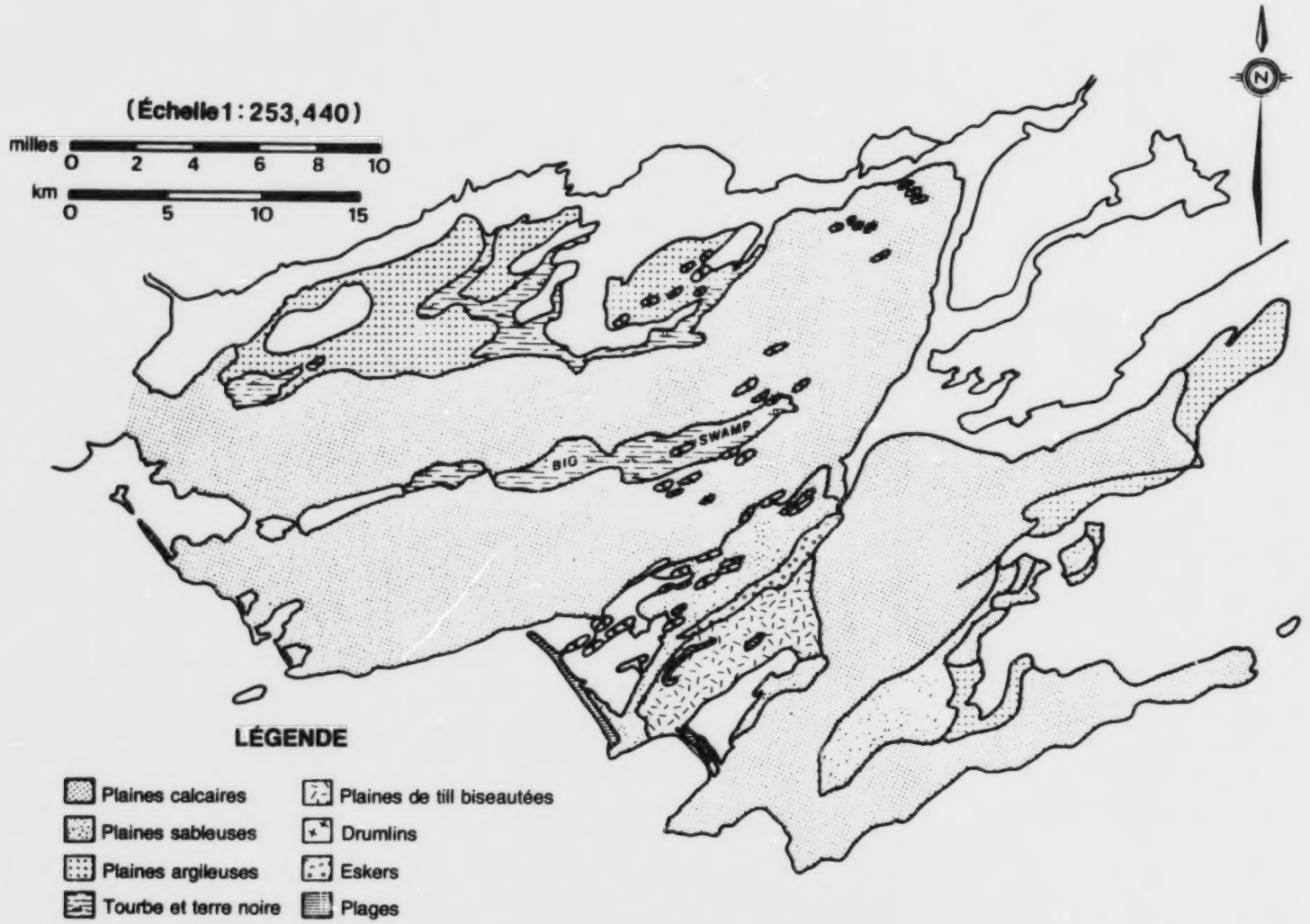


Figure 2. Physiographie du comté de Prince-Edouard (d'après Chapman et Putnam, 1972).

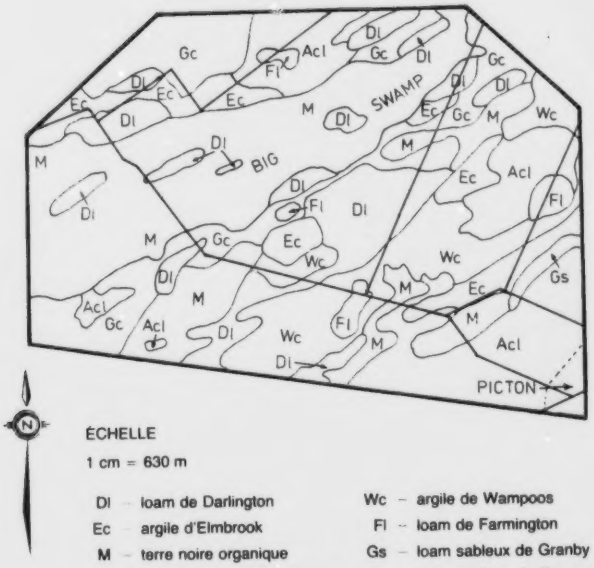


Figure 3. Types de sol dans la région de Big Swamp et ses environs (d'après Richards et Morwick, 1948).

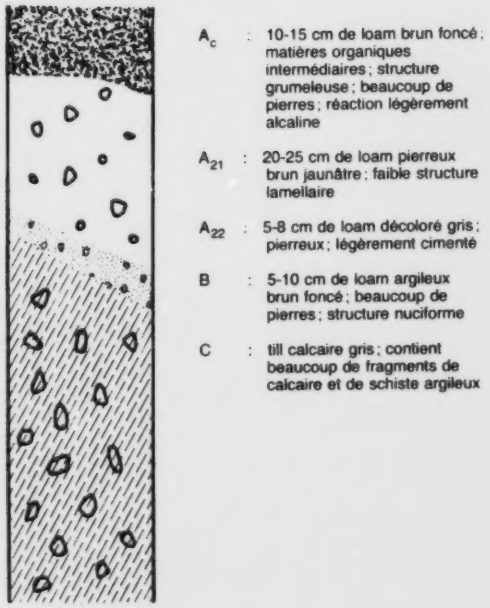


Figure 4. Profil de sol caractéristique du loam de Darlington (d'après Richards et Morwick, 1948).

METHODES D'ETUDE

Etudes préliminaires

Les renseignements topographiques concernant la région de Big Swamp ont été tirés des cartes topographiques à l'échelle de 1/25 000. Les données hydrogéologiques régionales proviennent des carnets de forage de puits privés qui sont conservés au bureau du ministère de l'Environnement de l'Ontario, à Kingston.

Méthodes sur le terrain

La topographie de la zone d'étude détaillée a été établie au levé à la planchette avec une alidade Hilger-Watts Mountain.

On a enfoncé vingt-quatre piézomètres à des profondeurs allant jusqu'à 2 m dans la zone d'étude pour prélever des échantillons d'eau souterraine et contrôler le niveau de la nappe phréatique. Les piézomètres sont constitués d'un tuyau en plastique ABS de 5.08 cm (2 po) de diamètre, crépiné à des intervalles de 30 cm. Ils ont été installés à l'aide d'une tarière à vis portative à alimentation propre. On n'a pas pu installer des piézomètres sur le drumlin, topographiquement plus élevé, la tarière ne pouvant s'enfoncer à plus de 1 m dans le sol. On a noté l'altitude du sol à tous les emplacements des piézomètres après avoir creusé les puits.

Les niveaux d'eau dans les piézomètres ont été mesurés à l'aide d'un limnimètre électrique A. Ott. Après avoir bien rincé les puits, on a prélevé des échantillons d'eau souterraine pour fins d'analyse chimique, à l'aide d'une pompe aspirante à main. Des mesures du pH ont été effectuées au moment du prélèvement à l'aide d'une électrode combinée en verre et d'un ohmmètre Metrohm E488. Initialement, les échantillons d'eau souterraine prélevés ont été filtrés

(0.45 µm) et acidifiés sur le terrain afin de les préparer pour l'analyse des principaux ions, du fer et du manganèse. Des expériences ultérieures visant à évaluer les avantages de l'acidification ont révélé que, pour le dosage des principaux ions, cette opération n'était pas nécessaire. Des études supplémentaires ont montré que les résultats des dosages du fer et du manganèse, dans des échantillons acidifiés et non filtrés d'une part, et dans des échantillons acidifiés et filtrés (pH 2.0) d'autre part, étaient identiques dans la limite de l'erreur analytique. Fort de ces résultats, on s'est contenté par la suite d'acidifier au moment du prélèvement les eaux prélevées pour le dosage du fer et du manganèse. Les échantillons destinés au dosage des principaux ions ont été filtrés en laboratoire mais non acidifiés.

Afin d'effectuer des expériences en laboratoire sur des sols provenant de Big Swamp, on a prélevé des carottes. Sur le drumlin de la zone d'étude, on n'a pas pu récupérer des carottes de plus de 50 cm de longueur et on y a donc creusé des puits d'environ 5 m de long sur 0.6 m de large et pouvant atteindre 2.4 m de profondeur. Dans chaque puits, on a prélevé une série de carottes verticales de 30 cm de long sur 8.02 cm de diamètre avec des tubes en acrylique clair (figure 5A). On a prélevé une seconde série d'échantillons de sédiments dans des fioles en plastique de 40 drachmes en les enfonçant dans la paroi du puits à des intervalles de 10 cm (figure 5A). Dans les zones les plus basses de la région, où on trouve des sédiments organiques en surface, on a enfoncé verticalement dans le sol des tubes en acrylique clair de 8.02 cm de diamètre et de 30 cm de long (figure 5B). Après avoir retiré les tubes remplis de sédiments, on a prélevé une série d'échantillons de sédiments dans des fioles de 40 drachmes en les enfonçant dans les parois des trous laissés par le retrait des tuyaux en plastique (figure 5B).

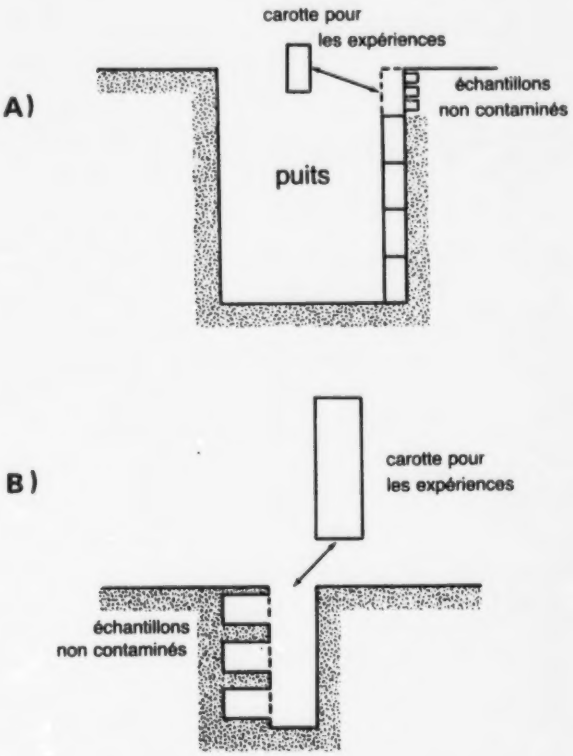


Figure 5. Méthode de prélèvement des carottes de sédiments: A - technique d'échantillonnage utilisée dans les sédiments de loam sableux; B - technique d'échantillonnage utilisée dans les sédiments riches en matières organiques.

LABORATOIRE

Expériences d'atténuation

Les expériences pour évaluer la capacité des sols à réduire la teneur en principaux ions et en métaux à l'état de traces ont porté sur des carottes de 30 cm de long. Dans chaque expérience, on a empilé verticalement cinq segments de carottes

pour former une seule colonne. Les colonnes ont été chargées périodiquement avec des portions aliquotes de 1 L d'eau de percolation provenant d'un puits situé dans une décharge abandonnée, à Kingston. Des échantillons de chaque portion aliquote d'eau ont été filtrés (0.45 µm), acidifiés et conservés pour fins d'analyse chimique. Au total, on a ajouté 25 L d'eau à chaque colonne. Après l'addition de chaque portion aliquote de 1 L, les effluents ont été recueillis au bas des colonnes et filtrés, à l'aide d'un aspirateur, à travers une membrane Millipore de 0.45 µm. On a envoyé un échantillon de 500 mL au laboratoire du ministère ontarien de l'Environnement à Kingston pour fins d'analyse chimique. Un autre échantillon de 125 mL a été porté à un pH inférieur à 2.0 par l'addition d'acide nitrique (HNO_3), puis conservé à 5°C jusqu'à ce que l'analyse chimique puisse être effectuée à l'université Queen's.

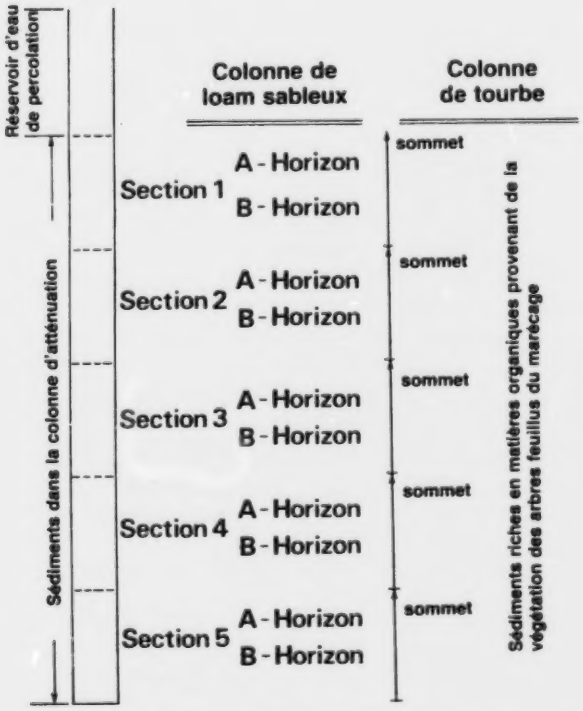


Figure 6. Méthode d'empilage des carottes de sédiments utilisée pour construire les colonnes d'essai.

Les deux premières colonnes (S1 et S2) sur lesquelles on a effectué des essais comprenaient cinq segments successifs de carottes prélevées dans les 150 cm supérieurs du sol de la zone d'étude. On a constaté dans ces expériences que le taux de percolation dans les matériaux de fond peu perméables était trop faible pour justifier la poursuite des essais. On a par conséquent effectué les expériences ultérieures sur des colonnes formées de carottes prélevées dans les 30 cm supérieurs du sol. Ainsi, chaque colonne de 150 cm était composée de cinq sections provenant chacune des 30 cm supérieurs du sol (figure 6). Deux de ces colonnes (S3 et S4) contenaient du sol provenant du drumlin et les quatre autres colonnes (S5, S6, S7 et S8) contenaient des sols riches en matières organiques provenant de la partie plus basse de la zone d'étude.

Expériences de remobilisation des contaminants

On a étudié la réversibilité des processus d'atténuation dans les sédiments de Big Swamp, en faisant infiltrer de l'eau de pluie simulée à travers les colonnes utilisées dans les expériences d'atténuation. L'élution avec l'eau de pluie simulée a été commencée après plusieurs jours d'égouttement suivant l'addition du 25^{e} litre de l'eau de percolation. Pendant la période d'égouttement, des électrodes combinées de mesure du rH et du pH ont été insérées dans des orifices de sondage percés dans le tube en plastique, à des intervalles de 30 cm. Les électrodes ont été reliées à un ohmmètre Metrohm E488 par l'intermédiaire d'un sélecteur électronique multivoies Orion (modèle 605). L'élution a été amorcée par pompage de l'eau de pluie simulée vers

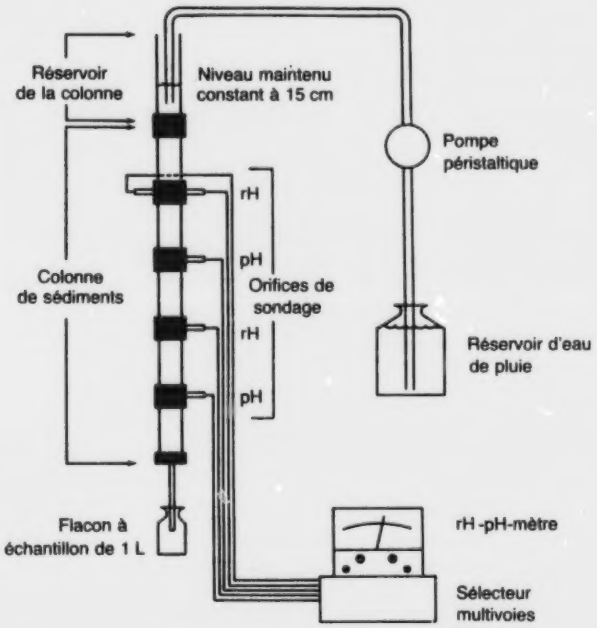


Figure 7. Schéma du montage utilisé dans les expériences de remobilisation des contaminants.

le haut à travers la colonne jusqu'à ce que le niveau d'eau fût de 15 cm au-dessus des sédiments. Cette méthode a permis d'éliminer le plus d'air possible dans les pores. On a ensuite inversé la direction de l'écoulement dans la colonne et réglé le taux d'addition d'eau à l'aide d'une pompe péristaltique de façon à maintenir l'eau à un niveau de 15 cm au-dessus des sédiments. Au fur et à mesure que l'eau de pluie traversait la colonne de haut en bas, on a contrôlé le pH et le rH à chaque orifice de sondage. Au cours de l'expérience on a recueilli l'effluent au bas de la colonne dans des bouteilles en plastique de 1 L. Après chaque prélèvement de 1 L, on a mesuré le pH et le rH de l'eau, et on a ajouté une quantité aliquote d'acide nitrique pour abaisser le pH à un niveau inférieur à 2.0. Tous les échantillons ont été conservés à 5°C jusqu'à ce que les analyses chimiques aient pu être faites. La figure 7 montre le montage utilisé dans les expériences d'élution.

Techniques analytiques - sédiments

On a effectué des mesures de la conductivité hydraulique des échantillons de sédiments conjointement avec les expériences sur la remobilisation des contaminants. On a fait passer de l'eau à travers la colonne de sédiments tout en maintenant le débit et le niveau d'eau. La conductivité hydraulique (en centimètres par seconde) des sédiments de chaque colonne a été calculée à l'aide de l'expression suivante de la loi de Darcy:

$$K = \frac{Ql}{Ah}$$

où K = conductivité hydraulique,
Q = débit à travers la colonne (cm^3/s),
l = longueur du parcours (cm),
h = longueur totale de la colonne (sédiments + eau de pluie) en centimètres, et
A = superficie de la section transversale de la colonne (cm^2).

Pour chaque colonne de sédiments, on a calculé la conductivité hydraulique au moins cinq fois.

Des sous-échantillons de sédiments ont été déposés pour fins d'analyses physique et géochimique dans des fioles en plastique de 40 drachmes. On a ensuite pesé les fioles plus les sédiments, congelé le tout, puis lyophilisé les sédiments en utilisant un lyophilisateur Virtus 10-100 Unitrap. On a désagrégé les sédiments lyophilisés à l'aide d'un agitateur pour peinture Red-Devil modifié. Chaque échantillon a été agité pendant 15 min pour obtenir un mélange homogène.

Après la lyophilisation et la désagrégation, on a pesé de nouveau les échantillons pour en déterminer la teneur en eau comme pourcentage de la masse. On a ensuite effectué une analyse granulométrique détaillée sur certains échantillons de sédiments provenant de chaque site de carottage à l'aide de la méthode F.A.S.T. (Fast Analysis of Sediment Texture), mise au point par Rukavina et Duncan (1970). On a étudié la minéralogie de plusieurs échantillons provenant de chaque site de carottage en utilisant un diffractomètre à rayons X Picker 2822-C; chaque échantillon a été réduit en une poudre fine, dans un mortier d'agate, puis étalé sur une lame de verre clair. Des diffractogrammes couvrant des angles de 4° à 45° (2θ) ont été enregistrés, et chaque pic du spectre de rayons X a été identifié. On a aussi utilisé des méthodes pétrographiques standard pour vérifier la présence de chaque minéral.

On a déterminé la teneur en matières organiques dans les sédiments par perte à la calcination à 450°C. Dans cette méthode, une certaine quantité d'eau et de matières volatiles, en plus des matières organiques, est perdue. Cependant, Coker (1974) a constaté que ces pertes sont généralement faibles. Frape (1979) a aussi remarqué qu'il existait une relation importante entre la perte à la calcination et le carbone organique dans plusieurs zones d'étude du sud-est de l'Ontario. Les pertes à la calcination semblent donc être une indication fiable de la teneur en matières organiques. L'importance de la décomposition des matières organiques dans les échantillons non contaminés, prélevés aux sites de carottage S5, S6, S7 et S8, a été déterminée à l'aide d'une solution saturée de pyrophosphate de sodium (Kaila, 1956).

La teneur en métaux lourds des sédiments a été déterminée en trois phases: avant et immédiatement après la contamination par l'eau de percolation et après l'élution avec l'eau de pluie simulée. A des échantillons (250 mg) de sédiments lyophilisés on a ajouté 5 mL d'acide nitrique (HNO_3) concentré, qui décompose la majorité des constituants à l'exception des silicates (Foster, 1973). On a ensuite déshydraté le mélange et ajouté une autre quantité aliquote de 5 mL de HNO_3 concentré. Après la déshydratation de ce mélange, on a ajouté 5 mL de HCl concentré. On a déshydraté encore une fois le mélange acide-sédiments, et on l'a lavé dans 10 mL de HCl 10 % sur un lit de sable à 50°C environ pendant 30 min. Dans la solution résultante, on a dosé le cuivre, le nickel, le plomb, le zinc, le manganèse, le fer, le cobalt et le cadmium à l'aide d'un spectrophotomètre par absorption atomique (SAA) IL251.

On a déterminé les concentrations en principaux cations échangeables (Ca, Mg, Na, K) en trois phases, comme on l'a fait pour les métaux lourds. On a agité des échantillons (250 mg) de sédiments lyophilisés pendant 5 min dans 8 mL de NH_4OAc de 0.1 *N* (pH 7.0). On a ensuite centrifugé le mélange et décanté le surnageant. On a répété ce processus pour obtenir une deuxième quantité aliquote de surnageant. On a recueilli de la même façon une troisième quantité aliquote plus grande (9 mL au lieu de 8) de surnageant). On a combiné les trois quantités aliquotes de surnageant et on en a dosé le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium par SAA. Hesse (1971) a démontré que la technique d'extraction triple est supérieure aux méthodes d'extraction simple.

Techniques analytiques - eaux

Comme il a été indiqué ci-dessus, on a relevé le pH des eaux souterraines sur le terrain, au moment du prélèvement des échantillons. Les

mesures du rH et du pH des eaux utilisées dans les expériences d'atténuation et d'élution en laboratoire ont été prises au fur et à mesure des expériences.

On a dosé dans les échantillons d'eau souterraine, d'eau de percolation et d'eau de pluie simulée, les principaux ions et les métaux à l'état de traces à l'aide des techniques résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Résumé des techniques utilisées pour l'analyse des eaux

Paramètre	Technique analytique
HCO_3^-	Titrage de l'alcalinité* à l'aide de l'acide sulfurique de 0.020 *N*; appareil de titrage Fisher†
Cl^-	Titrage au réactif de Vohlard*
SO_4^{2-}	Méthode turbidimétrique, Sulfaver IV de la Hach Chemical Co.*
$NO_3^- + NO_2^-$	Auto-analyseur Technicon†
DBO_5	Sonde à membrane pour doser l'oxygène dissous†
rH	Compteur d'ions spécifiques Orion 407A; Électrode combinée en platine d'oxydoréduction Orion 96-78*
pH	pH-mètre Metrohm E-488; Électrode combinée en verre Metrohm EA-152*
NH_4^+	Auto-analyseur Technicon†
Ca^{2+}	Spectrophotométrie par absorption atomique*
Mg^{2+}	Spectrophotométrie par absorption atomique*
Na^+	Spectrophotométrie par absorption atomique*
K^+	Spectrophotométrie par absorption atomique*
Fe^{2+}	Spectrophotométrie par absorption atomique*
Mn^{2+}	Spectrophotométrie par absorption atomique*

*Échantillons analysés à l'université Queen's, Département des sciences géologiques.
†Échantillons analysés par le ministère de l'Environnement.

RESULTATS ET DISCUSSION

Topographie de la région étudiée

La topographie de la région étudiée, telle qu'établie par un levé à la planchette, est illustrée à la figure 8. Etant donné l'absence de repères topographiques proches, toutes les altitudes ont été calculées par rapport à la station A, le point le plus haut du drumlin. On a attribué à la station A une altitude arbitraire de 1000 cm.

Hydrogéologie

L'analyse des échantillons prélevés au cours de l'installation des piézomètres (emplacements indiqués à la figure 8) montre que les zones basses de la région sont recouvertes d'une terre noire, riche en matières organiques, qui peut atteindre 1.2 m d'épaisseur et qui tire son origine de la végétation environnante. Cette terre superficielle de conductivité hydraulique relativement élevée [$\sim 10^{-1}$ à 10^{-2} cm/s (annexe A)] recouvre plus de 5 m (profondeur de pénétration maximale atteinte par la tarière) d'argile et de till argileux relativement imperméables qui reposeraient à leur tour sur une roche de fond calcaire. Sur le drumlin, topographiquement plus élevé, les matériaux superficiels consistent en du till argileux et rocailleux dans lequel la tarière n'a pu pénétrer plus d'un mètre. On a trouvé quelques lentilles d'argile sableuse le long du flanc du drumlin.

Le drainage superficiel de la région de Big Swamp se fait généralement vers l'ouest-sud-ouest (figure 2). La dénivellation du bassin de drainage dans le marécage est de 9 m environ, ce qui donne une pente moyenne de 1.7 m/km. Quatre petits cours d'eau de pentes d'environ 1 m/km se jettent dans le Big Swamp au nord. Aucun drainage superficiel n'est apparent sur la pente sud, plus forte, qui a un gradient moyen d'environ 12 m/km; cependant, un faible ravinement indique qu'il y a périodiquement un écoulement superficiel.

La figure 9 présente des données relatives aux niveaux hydrostatiques provenant des carnets de forage de puits creusés par des particuliers dans la région de Big Swamp. La

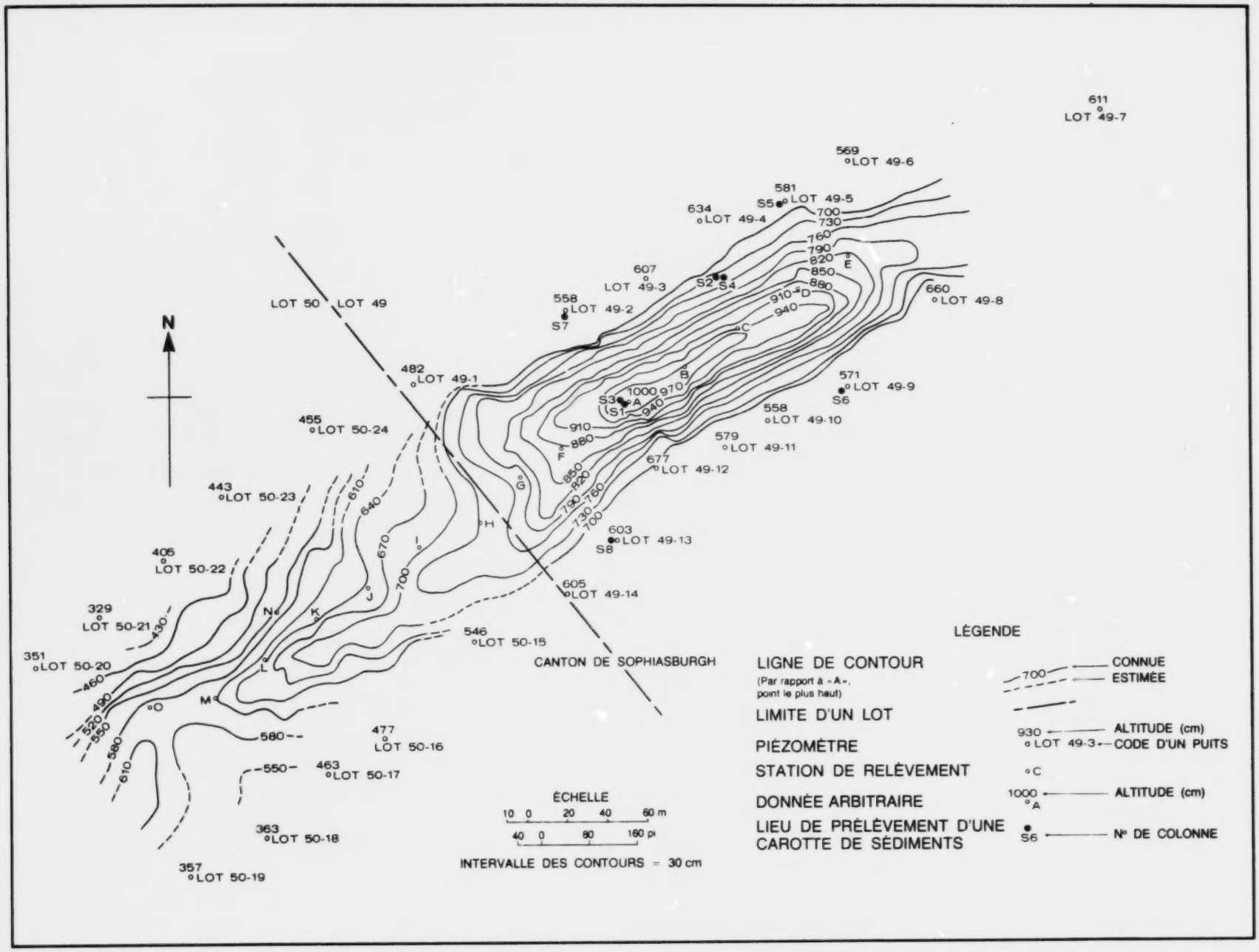


Figure 8. Topographie de la région étudiée.

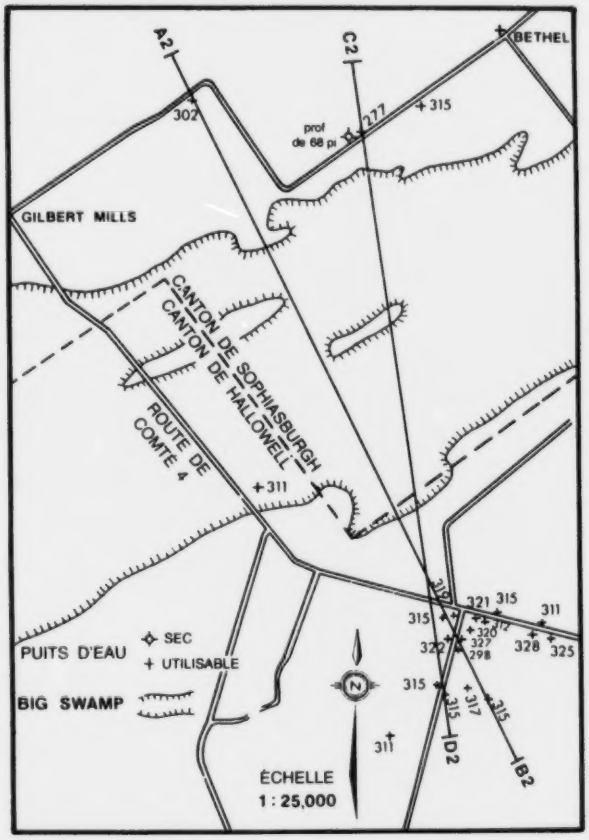


Figure 9. Données sur le niveau hydrostatique dans des puits privés de la région de Big Swamp.

figure 10 donne le niveau hydrostatique le long du profil A2-B2. Bien qu'il semble être une pente vers le Big Swamp, elle n'est pas bien définie car les mesures du niveau statique n'ont pas toutes été obtenues en même temps et les puits ont été creusés à différentes profondeurs. Le seul puits creusé dans le Big Swamp a un niveau statique qui se situe à 5 m environ au-dessous du niveau du sol.

Les niveaux statiques relevés dans les piézomètres (tableau 2) montrent que la nappe phréatique est près de la surface dans les zones reposant sur des matières organiques. Du 3 août au 1er novembre 1977, la nappe phréatique s'est élevée de 157 cm, indiquant que les fluctuations saisonnières dans le niveau peuvent atteindre 2 m. Etant donné qu'il existe une relation presque linéaire entre l'altitude superficielle et le niveau hydrostatique (figure 11), la direction d'écoulement des eaux souterraines peu profondes dans la région étudiée suivrait probablement la pente du terrain.

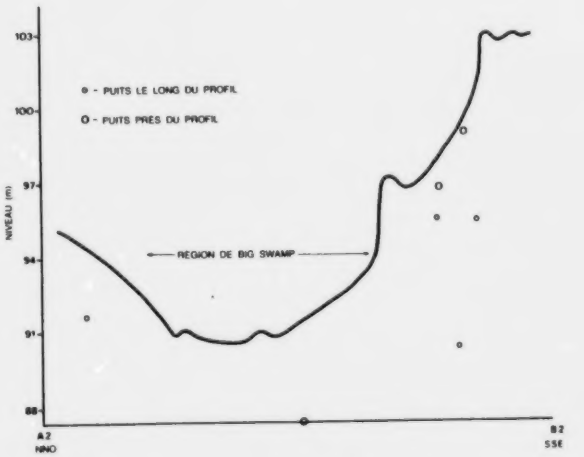


Figure 10. Niveau hydrostatique le long du profil A2-B2 perpendiculaire à l'axe longitudinal de Big Swamp.

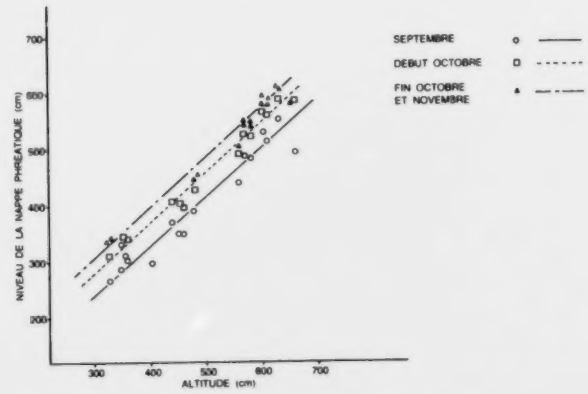


Figure 11. Courbe de l'altitude en fonction du niveau hydrostatique d'après des données recueillies par des piézomètres installés dans le drumlin de Big Swamp au cours de l'automne de 1977.

Tableau 2. Niveau de la nappe phréatique dans la région étudiée, 1977

Piézomètre	Altitude (cm)	Niveau de la nappe phréatique (cm)				
		77 - 08 - 03	77 - 09 - 20	77 - 10 - 03	77 - 10 - 19	77 - 11 - 01
Lot 49-1	482	292	393	426	453	449
Lot 49-2	558	549	436	489	507	502
Lot 49-3	607	510	515	562	589	581
Lot 49-4	634	535	547	588	616	609
Lot 49-5	581	469	483	522	552	545
Lot 49-6	569	480	487	526	553	550
Lot 49-7	611	516	527	566	593	580
Lot 49-8	660	500	495	585	580	582
Lot 49-9	571	469	507	544	562	577
Lot 49-10	558	434	492	535	550	568
Lot 49-11	579	496	497	539	551	561
Lot 49-12	677	486	477	540	562	557
Lot 49-13	603	522	462	524	550	542
Lot 49-14	605	489	561	593	608	621
Lot 50-15	546		477	514	526	533
Lot 50-16	477		378	434	442	443
Lot 50-17	463		350	399	402	405
Lot 50-18	363		301	342	350	350
Lot 50-19	357		310	347	352	363
Lot 50-20	351		285	330	362	361
Lot 50-21	329		266	311	342	342
Lot 50-22	405		295	379	384	382
Lot 50-23	443		368	406	433	430
Lot 50-24	455		353	405	420	419

Remarque: Toutes les altitudes sont données par rapport à la station A (1000 cm).

Le niveau de la nappe phréatique dans la région étudiée se situe à plus de 4 m au-dessus du niveau statique relevé pour le puits privé situé dans le marais (figure 10). Cette différence laisse supposer que le réseau d'écoulement des eaux souterraines peu profondes de Big Swamp est perché par rapport à la nappe aquifère plus profonde, située dans le calcaire, qui alimente le puits privé.

Analyse préliminaire des sédiments

Les principaux minéraux présents dans les sédiments clastiques et dans la fraction détritique des sédiments organiques sont le quartz, les plagioclases, la calcite et la dolomite. On note des concentrations relativement plus élevées de calcite et de dolomite dans les horizons B et C des échantillons de loam sableux (colonnes S1, S2, S3 et S4). Des diffractogrammes aux rayons X représentatifs du loam sableux et des sédiments riches en matières organiques provenant de la région de Big Swamp sont illustrés aux figures 12A et 12B respectivement. Un large pic de fond qui s'étend de 10° environ à 36° (2θ) et qui se rapporte aux échantillons de sédiments riches en matières organiques s'est dissipé une fois la température portée à 450°C. On croit que ce large pic correspond aux matières organiques.

Les résultats des études sur la perte à la calcination, la concentration des métaux lourds et les principaux cations échangeables pour les colonnes de sol sont donnés respectivement dans les tableaux 3, 4 et 5. Les teneurs en nickel, en cuivre, en fer, en manganèse et en cobalt des colonnes S1 et S2 sont plus élevées dans l'horizon B (échantillons S1-4, S1-5, S1-6, S2-4, S2-5 et S2-6), alors que les concentrations en plomb

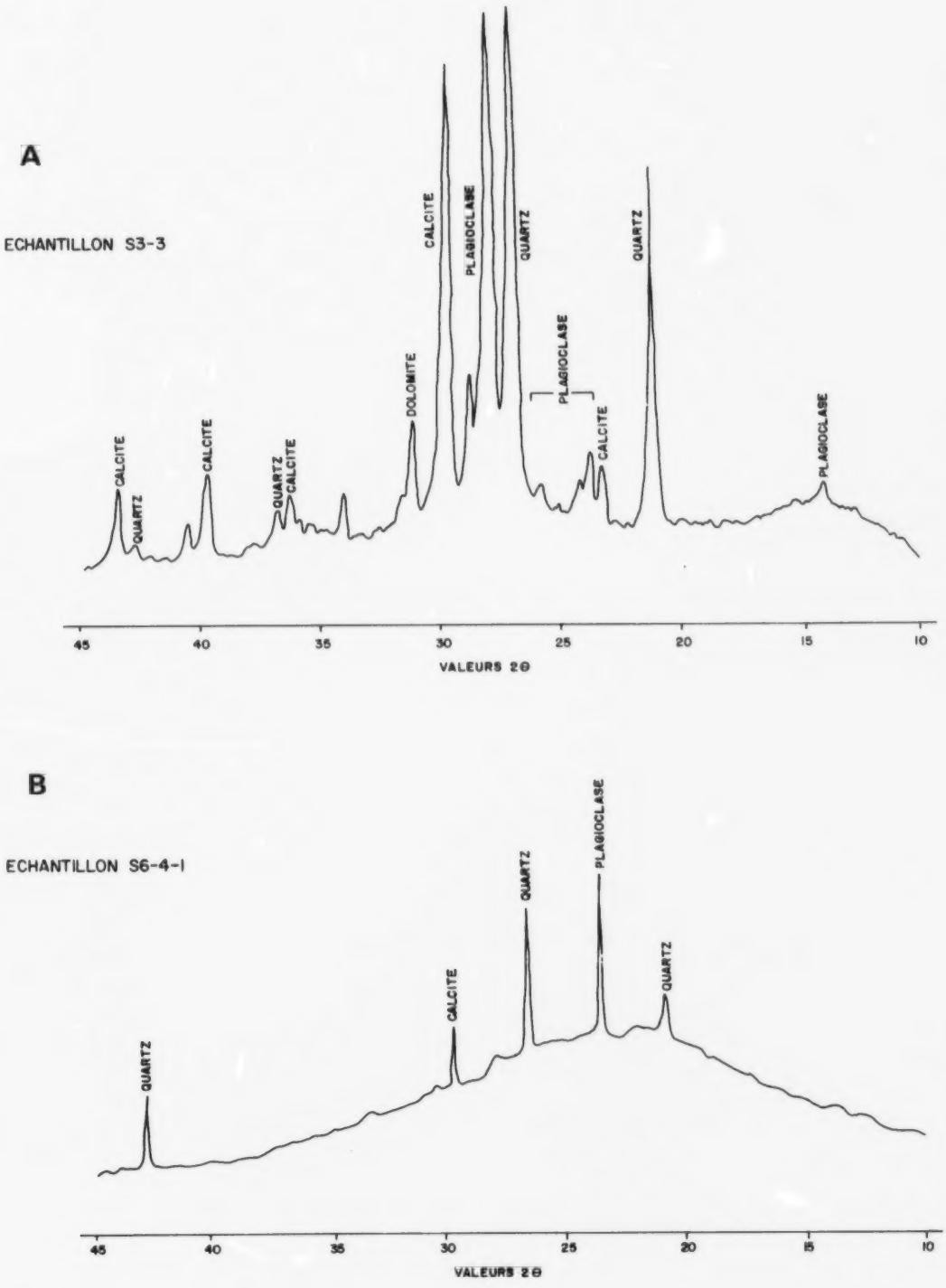


Figure 12. Diffractogrammes aux rayons X caractéristiques d'échantillons de sol de la région étudiée: *A* - sédiments de loam sableux; *B* - sédiments riches en matières organiques.

Tableau 3a. Pertes à la calcination pour les sédiments de loam sableux provenant de la région de Big Swamp

Colonne S1		Colonne S2		Colonne S3		Colonne S4	
Échantillon	P. à la C. (%)	Échantillon	P. à la C. (%)	Échantillon	P. à la C. (%)	Échantillon	P. à la C. (%)
S1-01	3.9	S2-01	3.7	S3-1-1	4.7	S4-1-1	3.8
S1-02	4.0	S2-02	2.7	S3-1-2	1.9	S4-1-2	2.1
S1-03	1.5	S2-03	0.9	S3-1-3	1.4	S4-1-3	2.2
S1-04	2.6	S2-04	3.1	S3-2-1	1.2	S4-2-1	6.7
S1-05	1.7	S2-05	1.8	S3-2-2	1.6	S4-2-2	4.0
S1-06	2.2	S2-06	2.3	S3-2-3	1.7	S4-2-3	16.8
S1-07	0.6	S2-07	0.9	S3-3-1	2.3	S4-3-1	1.3
S1-08	0.8	S2-08	0.9	S3-3-2	2.7	S4-3-2	3.0
S1-09	0.6	S2-09	0.9	S3-3-3	2.1	S4-3-3	3.0
S1-10	0.6	S2-10	1.2	S3-4-1	2.4	S4-4-1	3.9
S1-11	0.8	S2-11	1.0	S3-4-2	1.3	S4-4-2	1.4
S1-12	0.6	S2-12	0.9	S3-4-3	1.4	S4-4-3	13.0
S1-13	0.5	S2-13	0.8	S3-5-1	1.2	S4-5-1	4.5
S1-14	0.9	S2-14	0.9	S3-5-2	1.2	S4-5-2	2.8
S1-15	0.6	S2-15	0.9	S3-5-3	–	S4-5-3	1.3
Moyenne ($\bar{x}$)	1.46		1.47		1.94		4.56

Tableau 3b. Pertes à la calcination pour les sédiments riches en matieres organiques provenant de la région de Big Swamp

Colonne S5		Colonne S6		Colonne S7		Colonne S8	
Échantillon	P. à la C. (%)	Échantillon	P. à la C. (%)	Échantillon	P. à la C. (%)	Échantillon	P. à la C. (%)
S5-1-1	35.6	S6-1-1	78.7	S7-1-1	22.6	S8-1-1	51.4
S5-1-2	26.1	S6-1-2	78.7	S7-1-2	21.2	S8-1-2	43.8
S5-1-3	6.5 (till)	S6-1-3	82.8	S7-1-3	20.1	S8-1-3	41.7
S5-2-1	32.9	S6-2-1	78.6	S7-2-1	26.5	S8-2-1	46.7
S5-2-2	29.3	S6-2-2	79.0	S7-2-2	24.1	S8-2-2	49.3
S5-2-3	11.9	S6-2-3	80.0	S7-2-3	26.5	S8-2-3	47.0
S5-3-1	37.1	S6-3-1	77.3	S7-3-1	26.9	S8-3-1	49.9
S5-3-2	–	S6-3-2	81.3	S7-3-2	21.7	S8-3-2	46.0
S5-3-3	21.1	S6-3-3	83.4	S7-3-3	23.4	S8-3-3	49.4
S5-4-1	36.1	S6-4-1	77.7	S7-4-1	28.1	S8-4-1	50.4
S5-4-2	31.3	S6-4-2	80.3	S7-4-2	32.9	S8-4-2	54.9
S5-4-3	30.5	S6-4-3	78.8	S7-4-3	26.3	S8-4-3	33.7
S5-5-1	37.5	S6-5-1	78.9	S7-5-1	26.5	S8-5-1	48.1
S5-5-2	28.1	S6-5-2	78.3	S7-5-2	26.0	S8-5-2	–
S5-5-3	29.7	S6-5-3	78.8	S7-5-3	27.4	S8-5-3	12.0 (till)
Moyenne ($\bar{x}$)	28.1		79.5		25.3		44.0

Tableau 4. Concentrations en métaux lourds dans les sédiments non contaminés provenant de la région de Big Swamp

Code de l'échantillon	Nickel (ppm)	Cuivre (ppm)	Zinc (ppm)	Plomb (ppm)	Fer (%)	Manganèse (ppm)	Cobalt (ppm)	Cadmium (ppm)
S1-1	5	4	43	7	1.6	568	5	<0.4
S1-2	5	<4	44	4	2.0	348	5	<0.4
S1-3	7	4	26	<4	1.8	504	6	<0.4
S1-4	12	10	29	<4	2.5	982	7	<0.4
S1-5	14	14	29	<4	2.2	528	7	<0.4
S1-6	15	14	33	<4	2.4	436	8	<0.4
S1-7	9	9	17	<4	1.3	364	5	<0.4
S1-8	6	9	19	<4	1.3	348	5	<0.4
S1-9	6	8	18	<4	1.2	340	4	<0.4
S1-10	7	10	17	<4	1.2	328	4	<0.4
S1-11	6	8	20	<4	1.2	344	4	<0.4
S1-12	6	7	19	<4	1.2	324	4	<0.4
S1-13	8	7	18	<4	1.2	324	5	<0.4
S1-14	6	8	18	<4	1.2	296	4	<0.4
S1-15	8	8	22	<4	1.3	324	6	<0.4
S2-1	13	8	50	6	2.2	576	7	<0.4
S2-2	18	13	47	4	2.8	702	8	<0.4
S2-3	9	9	20	<4	1.4	384	5	<0.4
S2-4	25	20	50	15	3.4	1324	11	<0.4
S2-5	14	10	26	<4	1.8	448	6	<0.4
S2-6	17	15	36	4	2.4	588	7	<0.4
S2-7	9	9	18	<4	1.3	360	5	<0.4
S2-8	8	9	17	<4	1.3	352	4	<0.4
S2-9	7	9	18	<4	1.3	344	5	<0.4
S2-10	4	10	18	<4	1.3	336	4	<0.4
S2-11	<4	10	18	<4	1.2	320	5	<0.4
S2-12	6	10	35	<4	1.2	332	4	<0.4
S2-13	5	21	18	<4	1.2	302	4	<0.4
S2-14	5	8	19	<4	1.3	320	5	<0.4
S2-15	4	8	18	<4	1.2	328	5	<0.4
S3-1-1	7	6	58	11	2.1	600	7	<0.4
S3-1-2	9	5	39	<4	2.3	432	10	<0.4
S3-1-3	10	6	31	<4	2.0	408	8	<0.4
S3-2-1	7	5	43	4	2.2	520	7	<0.4
S3-2-2	12	8	38	5	2.4	592	8	<0.4
S3-2-3	14	11	38	<4	2.4	560	8	<0.4
S3-3-1	12	9	39	7	2.4	608	8	<0.4
S3-3-2	19	16	53	6	2.9	684	9	<0.4
S3-3-3	15	13	39	4	2.5	616	8	<0.4
S3-4-1	7	5	42	5	2.0	452	8	<0.4
S3-4-2	9	5	28	4	1.9	396	6	<0.4
S3-4-3	8	6	30	4	1.9	600	8	<0.4
S3-5-1	8	6	48	6	2.0	504	7	<0.4
S3-5-2	8	<4	34	<4	1.7	500	7	<0.4
S3-5-3	10	7	34	6	2.0	640	8	<0.4
S4-1-1	11	5	50	6	2.2	440	6	<0.4
S4-1-2	7	<4	29	<4	1.8	428	6	<0.4
S4-1-3	8	<4	30	<4	2.0	544	8	<0.4
S4-2-1	6	<4	54	13	2.1	484	7	<0.4
S4-2-2	9	5	44	5	2.0	696	7	<0.4
S4-2-3	10	<4	28	<4	2.1	1360	9	<0.4
S4-3-1	6	<4	24	<4	1.6	876	6	<0.4
S4-3-2	13	10	46	<4	2.6	2360	10	<0.4
S4-3-3	17	12	42	<4	2.6	1124	8	<0.4
S4-4-1	7	5	44	7	2.0	420	6	<0.4
S4-4-2	6	<4	25	<4	1.9	404	7	<0.4
S4-4-3	8	5	23	<4	1.9	504	6	<0.4
S4-5-1	8	<4	45	7	2.1	424	5	<0.4
S4-5-2	7	<4	34	5	1.9	420	7	<0.4
S4-5-3	6	5	23	<4	1.8	644	6	<0.4

Tableau 4. (suite)

Code de l'échantillon	Nickel (ppm)	Cuivre (ppm)	Zinc (ppm)	Plomb (ppm)	Fer (%)	Manganèse (ppm)	Cobalt (ppm)	Cadmium (ppm)
S5-1-1	13	16	87	28	2.1	484	7	0.7
S5-1-2	13	11	69	14	2.2	268	6	<0.4
S5-1-3	11	7	47	4	2.3	284	10	<0.4
S5-2-1	11	15	76	26	2.0	416	6	0.7
S5-2-2	12	13	78	22	2.2	384	8	0.5
S5-2-3	14	10	67	10	2.6	316	10	<0.4
S5-3-1	11	16	85	26	2.3	440	8	0.6
S5-3-2	11	14	75	17	2.4	308	8	0.6
S5-3-3	12	11	70	18	2.4	400	8	0.6
S5-4-1	13	15	84	27	2.5	456	7	0.5
S5-4-2	13	15	79	23	2.5	436	8	0.6
S5-4-3	14	15	77	21	2.6	436	8	0.4
S5-5-1	12	18	87	27	2.5	556	8	0.7
S5-5-2	10	15	76	16	2.7	556	8	0.6
S5-5-3	11	14	77	18	2.6	604	9	0.5
S6-1-1	7	27	66	50	1.1	128	<4	1.0
S6-1-2	7	20	47	20	1.3	136	<4	0.7
S6-1-3	6	17	40	7	1.2	130	<4	0.6
S6-2-1	10	25	73	51	1.2	120	<4	1.1
S6-2-2	4	19	46	9	1.8	152	<4	0.5
S6-2-3	5	18	31	4	1.0	140	<4	0.5
S6-3-1	8	25	64	45	1.1	132	<4	0.9
S6-3-2	5	24	51	19	1.4	132	<4	0.9
S6-3-3	6	20	33	7	0.9	120	<4	0.6
S6-4-1	8	26	75	58	1.2	128	<4	1.1
S6-4-2	7	20	53	27	1.3	132	<4	0.9
S6-4-3	7	22	32	5	1.2	164	<4	0.6
S6-5-1	7	23	85	60	1.1	120	<4	1.1
S6-5-2	5	18	47	14	1.1	124	<4	0.9
S6-5-3	7	19	33	5	1.1	144	<4	0.6
S7-1-1	12	17	78	20	2.2	400	7	0.6
S7-1-2	12	14	63	15	2.1	352	7	<0.4
S7-1-3	13	14	70	17	2.1	368	7	0.4
S7-2-1	14	20	79	20	2.3	400	7	0.6
S7-2-2	11	17	76	20	2.2	392	7	0.5
S7-2-3	14	18	77	19	2.1	380	8	0.4
S7-3-1	15	24	83	19	2.3	364	8	0.6
S7-3-2	12	18	69	14	2.1	304	7	0.6
S7-3-3	13	21	81	19	2.2	376	7	0.6
S7-4-1	13	22	80	18	2.2	332	6	0.7
S7-4-2	12	20	80	21	2.2	364	7	0.5
S7-4-3	14	22	89	24	2.3	396	7	0.5
S7-5-1	12	20	86	26	2.3	396	9	0.7
S7-5-2	12	20	84	24	2.4	350	8	0.4
S7-5-3	13	24	86	19	2.4	380	8	0.6
S8-1-1	6	17	66	23	2.0	536	4	0.5
S8-1-2	6	14	53	15	1.6	400	<4	0.4
S8-1-3	6	14	53	14	1.6	504	4	0.4
S8-2-1	5	15	57	20	1.7	468	4	0.6
S8-2-2	6	15	58	19	2.0	516	4	0.6
S8-2-3	4	14	54	16	1.8	432	4	0.6
S8-3-1	5	15	61	20	1.9	500	<4	0.6
S8-3-2	5	14	51	15	1.8	436	5	0.5
S8-3-3	6	15	59	19	1.9	540	<4	0.6
S8-4-1	6	16	64	20	2.1	524	4	0.7
S8-4-2	5	15	61	18	1.9	460	<4	0.7
S8-4-3	4	10	47	11	1.5	324	4	0.5
S8-5-1	6	19	66	20	2.1	528	4	0.7
S8-5-2	5	14	58	19	1.9	444	4	0.6
S8-5-3	5	<4	30	<4	1.5	172	5	<0.4

Tableau 5. Concentrations des principaux cations échangeables dans les sédiments non contaminés provenant de la région de Big Swamp

Code de l'échantillon	Ca (%)	Ca (méq)	Mg (ppm)	Mg (méq)	Na (ppm)	Na (méq)	K (ppm)	K (méq)
S1-1	0.17	8.5	60	0.49	50	0.22	75	0.19
S1-2	0.15	7.5	40	0.33	50	0.22	70	0.18
S1-3	0.13	6.5	95	0.78	<50	<0.22	55	0.14
S1-4	0.17	8.5	120	0.99	<50	<0.22	60	0.15
S1-5	0.55	27.4	130	1.07	<50	<0.22	75	0.19
S1-6	0.21	10.5	95	0.78	<50	<0.22	75	0.19
S1-7	1.70	84.8	195	1.60	<50	<0.22	40	0.10
S1-8	1.65	82.3	200	1.65	<50	<0.22	45	0.12
S1-9	1.68	83.8	185	1.52	<50	<0.22	60	0.15
S2-1	0.27	13.5	160	1.32	<50	<0.22	65	0.17
S2-2	0.94	46.9	145	1.19	<50	0.22	75	0.19
S2-3	1.70	84.8	200	1.65	75	0.33	105	0.27
S2-4	0.49	24.5	185	1.52	<50	<0.22	110	0.28
S2-5	0.98	48.9	175	1.44	60	0.26	115	0.29
S2-6	0.29	14.5	150	1.23	<50	0.22	95	0.24
S2-7	0.31	15.5	220	1.81	100	0.44	90	0.23
S2-8	1.60	79.8	205	1.69	50	0.22	85	0.22
S2-9	1.73	86.3	215	1.77	<50	<0.22	80	0.20
S3-1-1	0.15	7.5	100	0.82	<50	<0.22	70	0.18
S3-1-2	0.13	6.5	60	0.49	<50	<0.22	40	0.10
S3-1-3	0.09	4.5	15	0.12	95	0.41	120	0.31
S3-2-1	0.11	5.5	70	0.58	100	0.44	135	0.35
S3-2-2	0.15	7.5	95	0.78	115	0.50	140	0.36
S3-2-3	0.17	8.5	100	0.82	<50	0.22	90	0.23
S3-3-1	0.17	8.5	105	0.86	105	0.46	130	0.33
S3-3-2	0.27	13.4	130	1.07	<50	<0.22	85	0.22
S3-3-3	0.63	31.4	140	1.15	<50	<0.22	105	0.27
S3-4-1	0.21	10.5	65	0.53	<50	<0.22	30	0.08
S3-4-2	0.11	5.5	25	0.21	<50	<0.22	40	0.10
S3-4-3	0.11	5.5	65	0.53	<50	<0.22	25	0.06
S3-5-1	0.15	7.5	90	0.74	<50	<0.22	40	0.10
S3-5-2	0.09	4.5	30	0.25	<50	<0.22	15	0.04
S3-5-3	0.13	6.5	40	0.33	<50	<0.22	45	0.12
S4-1-1	0.23	11.5	50	0.41	<50	<0.22	30	0.08
S4-1-2	0.09	4.5	80	0.66	<50	<0.22	25	0.06
S4-1-3	0.17	8.5	46	0.38	<50	<0.22	30	0.08
S4-2-1	0.17	8.5	75	0.62	50	0.22	70	0.18
S4-2-2	0.13	6.5	55	0.45	60	0.26	100	0.26
S4-2-3	0.11	5.5	30	0.25	<50	<0.22	40	0.10
S4-3-1	0.11	5.5	35	0.29	<50	<0.22	40	0.10
S4-3-2	0.19	9.5	90	0.74	<50	<0.22	70	0.18
S4-3-3	0.27	13.5	115	0.95	<50	<0.22	65	0.17
S4-4-1	0.15	7.5	45	0.37	<50	<0.22	40	0.10
S4-4-2	0.07	3.5	15	0.12	<50	<0.22	20	0.05
S4-4-3	0.13	6.5	66	0.54	<50	<0.22	50	0.13
S4-5-1	0.15	7.5	62	0.51	<50	<0.22	40	0.10
S4-5-2	0.09	4.5	10	0.08	<50	<0.22	20	0.05
S4-5-3	0.09	4.5	34	0.28	<50	<0.22	25	0.06
S5-1-1	1.30	64.9	720	5.92	<50	<0.22	110	0.28
S5-1-2	0.99	49.4	630	5.18	<50	<0.22	90	0.23
S5-1-3	0.31	15.5	240	1.97	<50	<0.22	30	0.08
S5-2-1	1.30	64.9	780	6.42	<50	<0.22	105	0.27
S5-2-2	1.00	49.9	630	5.18	<50	<0.22	95	0.24
S5-2-3	0.46	23.0	330	2.71	<50	<0.22	50	0.13
S5-3-1	1.22	60.9	780	6.42	<50	<0.22	100	0.26
S5-3-2	–	–	–	–	–	–	–	–
S5-3-3	7.70	384.2	490	4.03	<50	<0.22	65	0.17
S5-4-1	1.40	69.9	870	7.16	<50	<0.22	155	0.40
S5-4-2	1.18	58.9	770	6.33	<50	<0.22	90	0.23
S5-4-3	1.22	60.9	770	6.33	60	0.26	130	0.33

Tableau 5. (suite)

Code de l'échantillon	Ca (%)	Ca (méq)	Mg (ppm)	Mg (méq)	Na (ppm)	Na (méq)	K (ppm)	K (méq)
S5-5-1	1.35	67.4	830	6.83	<50	<0.22	110	0.28
S5-5-2	1.12	55.9	750	6.17	<50	<0.22	90	0.23
S5-5-3	1.14	56.9	710	5.84	50	0.22	85	0.22
S6-1-1	2.55	127.2	770	6.33	50	0.22	240	0.61
S6-1-2	2.75	137.2	840	6.91	55	0.24	180	0.46
S6-1-3	2.53	126.2	780	6.42	55	0.24	135	0.35
S6-2-1	2.65	132.2	790	6.50	<50	<0.22	225	0.58
S6-2-2	2.75	137.2	840	6.91	<50	<0.22	135	0.35
S6-2-3	3.00	149.7	900	7.40	<50	<0.22	105	0.27
S6-3-1	2.45	122.3	770	6.33	50	0.22	240	0.61
S6-3-2	2.85	142.2	850	6.99	<50	<0.22	265	0.68
S6-3-3	2.92	145.7	890	7.32	50	0.22	120	0.31
S6-4-1	2.55	127.2	780	6.42	<50	<0.22	205	0.52
S6-4-2	2.60	129.7	780	6.42	60	0.26	210	0.54
S6-4-3	2.92	145.7	900	7.40	50	0.22	105	0.27
S6-5-1	2.60	129.7	750	6.17	<50	<0.22	220	0.56
S6-5-2	2.40	119.8	720	5.92	<50	<0.22	130	0.33
S6-5-3	2.85	142.2	870	7.16	<50	<0.22	80	0.20
S7-1-1	0.85	42.4	440	3.62	<50	<0.22	85	0.22
S7-1-2	0.82	40.9	440	3.62	<50	<0.22	80	0.20
S7-1-3	0.76	37.9	420	3.45	<50	<0.22	70	0.18
S7-2-1	0.95	47.4	470	3.87	<50	<0.22	105	0.27
S7-2-2	0.95	47.4	470	3.87	<50	<0.22	105	0.27
S7-2-3	1.10	54.9	500	4.11	<50	<0.22	100	0.26
S7-3-1	1.05	52.4	570	4.69	<50	<0.22	110	0.28
S7-3-2	0.86	42.9	460	3.78	<50	<0.22	100	0.26
S7-3-3	0.98	48.9	570	4.69	<50	<0.22	95	0.24
S7-4-1	1.15	57.4	580	4.77	<50	<0.22	120	0.31
S7-4-2	1.30	64.9	620	5.10	<50	<0.22	95	0.24
S7-4-3	0.95	47.4	530	4.36	<50	<0.22	85	0.22
S7-5-1	1.00	49.9	480	3.95	<50	<0.22	85	0.22
S7-5-2	0.90	44.9	450	3.70	<50	<0.22	70	0.18
S7-5-3	0.95	47.4	490	4.03	<50	<0.22	95	0.24
S8-1-1	1.40	69.9	540	4.44	<50	<0.22	80	0.20
S8-1-2	1.75	87.3	770	6.33	<50	<0.22	95	0.24
S8-1-3	1.70	84.3	690	5.68	<50	<0.22	80	0.20
S8-2-1	1.65	82.3	630	5.18	<50	<0.22	80	0.20
S8-2-2	1.77	88.3	750	6.17	<50	<0.22	100	0.26
S8-2-3	1.61	80.3	710	5.84	<50	<0.22	80	0.20
S8-3-1	1.77	88.3	750	6.17	<50	<0.22	120	0.31
S8-3-2	1.67	83.3	750	6.17	<50	<0.22	100	0.26
S8-3-3	1.77	88.3	750	6.17	<50	<0.22	100	0.26
S8-4-1	1.72	85.8	690	5.68	<50	<0.22	100	0.26
S8-4-2	1.67	83.3	660	5.43	<50	<0.22	100	0.26
S8-4-3	1.32	65.9	500	4.11	<50	<0.22	65	0.17
S8-5-1	–	–	–	–	–	–	–	–
S8-5-2	–	–	–	–	–	–	–	–
S8-5-3	<0.05	<0.005	30	0.25	<50	<0.22	5	0.01

et en zinc sont maximales dans l'horizon A recouvrant l'horizon B. La comparaison de ces résultats sur les métaux lourds avec ceux sur la perte à la calcination (figure 13) indique qu'il existe une relation entre les valeurs maximales de plomb-zinc et des concentrations élevées en matières organiques. Il semble que des processus illuviaux sont responsables des concentrations des autres métaux lourds (Ni, Cu, Fe, Mn et Co). On note des tendances similaires dans les résultats pour les

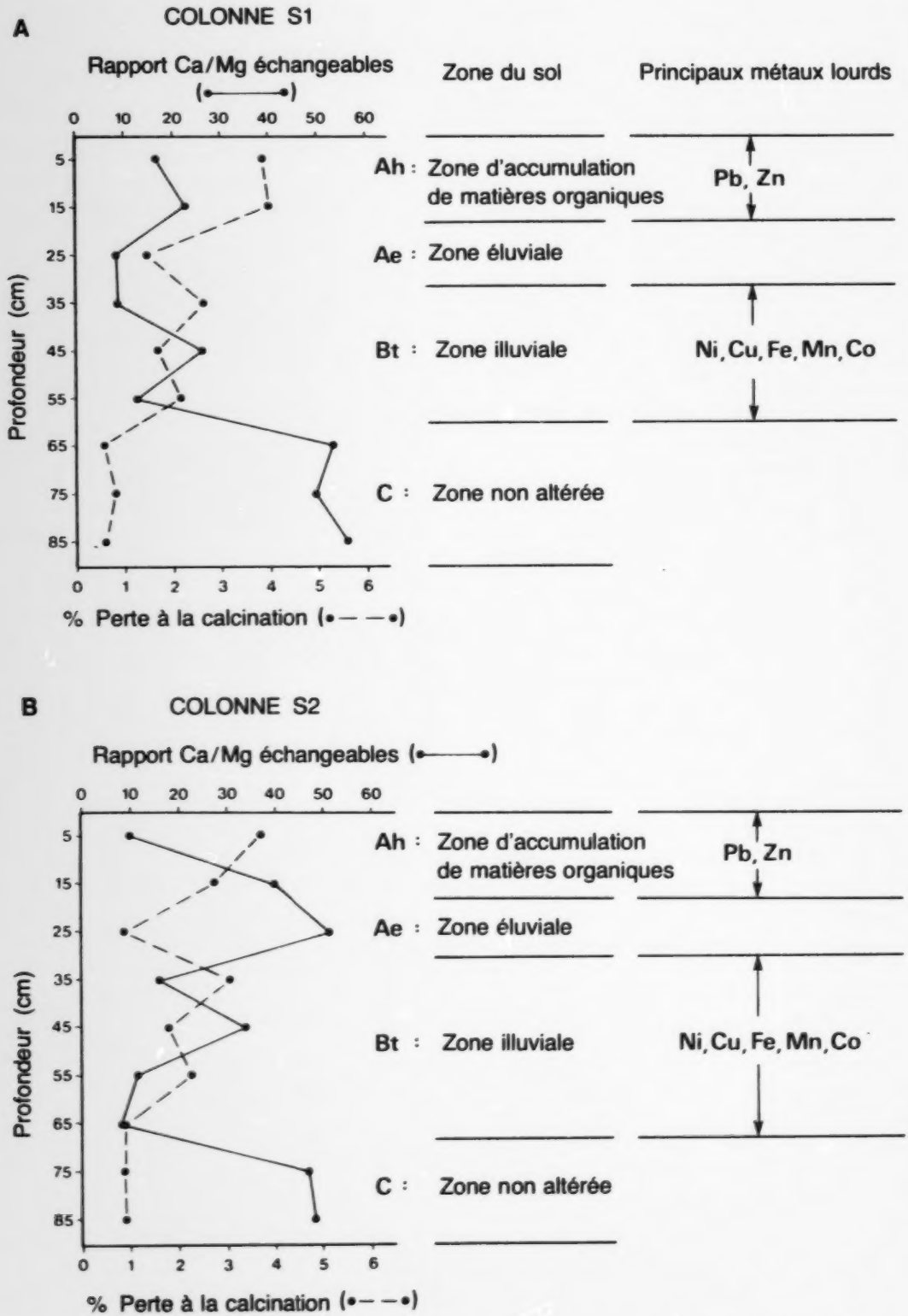


Figure 13. Répartition des métaux lourds dans le profil de sol du loam de Darlington avant la contamination.

métaux lourds dans certaines sections des colonnes S3 et S4.

D'après l'analyse de toutes les sections des colonnes S5, S7 et S8 qui contiennent des sédiments organiques, les concentrations en nickel, en cuivre, en plomb, en fer, en cobalt et en cadmium ne semblent pas être fonctions de la profondeur. Par contre, à l'intérieur de chaque section de sédiments organiques de la colonne S6, il y a généralement une diminution de la teneur en métaux avec la profondeur. De plus, les concentrations moyennes en fer et en manganèse sont plus faibles dans la colonne S6 que dans les colonnes S5, S7 et S8. La comparaison des valeurs de la conductivité hydraulique (annexe A), de la perte à la calcination (tableau 3) et de l'indice des pyrophosphates (annexe C) indique que les concentrations en fer et en manganèse sont liées au degré de décomposition des matières organiques et à l'environnement physiographique local. Les concentrations relativement faibles en fer et en manganèse dans la colonne S6 sont liées aux valeurs élevées des pertes à la calcination et de la conductivité hydraulique et à un degré élevé de décomposition (matières sapriques). Par contre, les sédiments organiques riches en fer et en manganèse présentent des valeurs de conductivité hydraulique et de perte à la calcination plus faibles et un degré de décomposition moyen (matières sapriques/hémiques). Des observations faites sur le terrain indiquent que les inondations saisonnières sont plus persistantes dans les zones de sédiments pauvres en Fe et en Mn [colonnes S6 et S8 (?)] que dans les zones de sédiments riches en ces deux métaux (colonnes S5 et S7). Un contact accru entre les sédiments organiques et les eaux souterraines, les processus d'échange et la formation de complexes organiques peuvent expliquer la carence de métaux lourds dans les zones les plus fréquemment inondées. La réaction d'échange probable, d'après des données sur les cations échangeables et les métaux lourds, peut être résumée comme suit:

$$Org - Me_{(ad)} + Ca^{2+} \rightarrow Org - Ca_{(ad)} + Me^{2+}$$

où

$Org - Me_{(ad)}$ = le complexe métal lourd adsorbé - matières organiques,

Ca^{2+} = le principal cation d'échange dans le réseau des eaux souterraines,

$Org - Ca_{(ad)}$ = le complexe principal cation adsorbé - matières organiques, et

Me^{2+} = le cation de métal lourd <<libre>> dissocié (par exemple Fe, Mn).

Le cation de métal lourd <<libre>> se lie probablement en un complexe avec des matières organiques solubles et est transporté dans les eaux souterraines à partir de l'horizon organique. Un processus similaire ou la nature saprique des sédiments riches en matières organiques peut expliquer les faibles teneurs en cuivre, en plomb, en zinc et en cadmium (?) dans les sédiments pauvres en fer et en manganèse.

Qualité des eaux souterraines

Le tableau 6 donne les résultats des analyses chimiques des échantillons d'eau souterraine prélevés le 3 août, le 20 septembre et le 19 octobre 1977 à l'aide des piézomètres installés dans la région étudiée. Le 3 août 1977, on n'a pu échantillonner que 14 puits alors qu'en septembre et en octobre les 24 piézomètres ont tous

servi à l'échantillonnage. Les teneurs élevées en calcium et en bicarbonate, et les teneurs relativement élevées en magnésium dans les eaux souterraines, indiquent la présence de calcite et de dolomite dans la fraction détritique des sols organiques et des unités d'argile et de till argileux au-dessous des matières organiques. Des calculs des indices de solubilité indiquent que les eaux souterraines sont sursaturées en calcite et saturées en dolomite (annexe B). La teneur en ammonium (NH_4) et la demande biologique en oxygène (DBO) élevées, ainsi que les faibles concentrations en nitrates et nitrites (NO_3+NO_2), peuvent être attribuées à la décomposition des matières organiques dans un environnement pauvre en oxygène.

Les concentrations en fer et en manganèse dans les échantillons filtrés (0.45 µm) sont généralement de 2 à 7 mg/L et de 0.1 à 0.4 mg/L, respectivement. Les concentrations de ces métaux dans les sédiments, particulièrement dans les matières organiques, sont relativement élevées (tableau 5). Des études sur des dépôts de tourbe, effectuées par Casagrande et Erchull (1976, 1977), ont montré que les matières végétales peuvent contenir d'importantes quantités de métaux tels que le fer et le manganèse et que les concentrations de métaux dans un échantillon donné sont liées au type de matières végétales qui donnent naissance à la tourbe. Dans d'autres études, on a utilisé des techniques d'extraction sélective pour repérer les fractions de matières organiques qui contiennent les métaux lourds (par exemple, Szalay et Szilagyi, 1968; Szalay, 1973; Rashid, 1974; Senesi et coll., 1977; Green et Manahan, 1977; Cheshire et coll., 1977). Des quantités importantes de fer et de manganèse peuvent être mobilisées par la décomposition de matières végétales accumulées (Levanidov, 1957; Crerar et coll., 1972). Une fois libres, les métaux se lient probablement en complexes organo-métalliques avec l'acide humique, l'acide fulvique et l'humine disponibles. Des recherches faites par Crerar et coll. (1972), Picard et Felbeck (1976), Reuter et Perdue (1977) et Davis et Leckie (1978) laissent supposer que la stabilité des complexes métallo-humiques dans les eaux naturelles est plus grande que celle des complexes métallo-inorganiques correspondants. A partir de ces observations, les auteurs ont conclu que le fer et le manganèse dosés dans les eaux souterraines de Big Swamp provenaient de matières organiques en

Tableau 6a. Analyses chimiques des échantillons d'eau souterraine provenant de la région de Big Swamp, le 3 août 1977

Puits d'observation	NH_3 (mg/L)	$NO_3 + NO_2$ (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Sr (mg/L)
1	1.0	0.2	100	17	8.3	1.7	0.8
2	1.0	0.6	53	27	4.0	3.2	0.7
3	1.0	0.3	86	20	7.8	1.6	0.6
4	1.1	0.4	100	20	7.5	2.0	0..
5	1.3	0.5	56	29	5.0	2.9	<0.5
6	1.4	0.3	105	17	6.5	2.0	0.6
7	0.8	0.2	77	17	4.5	2.7	<0.5
8	0.7	0.4	103	19	6.3	1.7	<0.5
9	1.2	0.3	105	19	6.3	1.7	<0.5
10	1.2	0.5	89	13	5.5	1.6	<0.5
11	0.9	0.4	107	21	7.3	13.6	<0.5
12	1.1	0.5	85	13	5.0	9.6	<0.5
13	0.8	0.8	93	21	10.5	15.2	<0.5
14	1.1	0.4	155	24	6.5	16.0	<0.5

Tableau 6b. Analyses chimiques des échantillons d'eau souterraine provenant de la région de Big Swamp, le 20 septembre 1977

Paramètre	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	pH
Puits d'observation								
1	119	17	7.5	6.2	0.5	7.8	0.16	7.5
2	130	34	3.8	11.6	0.5	4.4	0.27	7.6
3	102	22	7.0	7.2	0.5	1.6	0.16	7.5
4	135	23	6.5	6.4	0.5	3.2	0.29	7.6
5	198	42	4.5	10.6	0.5	3.9	0.46	7.9
6	136	19	5.8	7.8	0.5	6.1	0.32	7.8
7	115	18	3.8	9.0	0.5	3.6	0.35	7.8
8	–	–	–	–	–	–	–	–
9	126	16	7.0	7.0	0.5	5.7	0.46	7.9
10	93	15	4.5	5.0	0.5	4.1	0.34	7.5
11	143	22	6.5	7.8	0.5	4.7	0.32	7.6
12	162	21	3.5	6.8	0.5	3.0	0.52	7.7
13	177	25	5.0	4.2	0.5	4.1	0.37	7.9
14	110	24	11.0	33.0	0.5	3.4	0.23	7.4
15	192	25	5.8	6.4	0.5	11.4	0.41	7.4
16	560	34	4.3	7.8	0.5	7.1	1.22	7.8
17	109	15	2.8	3.6	0.5	4.0	0.19	7.6
18	152	16	5.8	5.4	0.5	5.9	0.25	7.6
19	69	16	9.8	5.4	0.5	1.7	0.10	7.6
20	106	20	5.3	7.2	0.5	2.5	0.08	7.5
21	50	19	8.8	6.0	0.5	1.3	0.12	7.6
22	715	44	5.0	10.6	2.0	0.4	1.30	7.7
23	168	20	6.3	10.0	0.5	5.3	0.28	7.6
24	720	23	8.3	15.0	0.5	3.1	1.26	7.6

Paramètre	Dureté (mg/L $CaCO_3$)	Alcalinité (mg/L HCO_3)	Conductivité (µS/cm)	NH_3 (mg/L)	$NO_3 + NO_2$ (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	SO_4 (mg/L)	Cl (mg/L)
Puits d'observation								
1	328	368	600	3.2	0.14	<4	13	16
2	238	256	430	1.6	0.20	10	21	5
3	324	371	580	1.9	0.16	<4	15	7
4	310	354	570	1.9	0.20	10	14	8
5	254	295	460	2.5	0.14	20	24	7
6	356	410	630	2.1	0.74	15	5	10
7	266	290	475	2.9	0.40	22	15	6
8	–	–	–	–	–	–	–	–
9	336	385	620	8.0	0.22	8	15	11
10	284	317	510	1.9	0.14	11	13	8
11	260	290	490	2.1	0.22	10	20	7
12	220	244	415	6.6	0.22	>24	14	8
13	224	244	420	3.0	0.26	21	18	8
14	336	512	920	69.6	0.02	95	10	13
15	388	419	690	8.5	0.16	26	32	9
16	262	322	510	4.6	0.14	26	18	4
17	292	312	520	9.5	0.04	>24	17	5
18	364	290	630	7.9	0.10	31	18	8
19	238	293	490	4.4	0.04	19	7	12
20	372	417	730	2.0	0.10	<8	21	8
21	278	315	550	4.0	0.44	>24	17	10
22	202	290	475	7.4	0.18	>24	6	5
23	560	466	760	12.0	0.06	63	12	14
24	254	334	580	4.2	0.06	21	11	15

Tableau 6c. Analyses chimiques des échantillons d'eau souterraine provenant de la région de Big Swamp, le 19 octobre 1977

Paramètre / Puits d'observation	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	pH
1	105	16	6.5	5.8	0.5	9.0	0.10	7.9
2	47	25	2.5	8.6	–	1.2	0.05	7.9
3	85	21	6.3	6.0	0.5	2.1	0.14	7.8
4	90	20	6.5	7.0	–	2.6	0.16	7.9
5	52	29	3.8	9.2	–	1.4	0.07	8.0
6	103	16	5.0	6.8	0.5	7.4	0.24	8.0
7	71	16	3.5	8.4	–	1.5	0.14	7.9
8	–	–	–	–	–	–	–	–
9	97	13	7.3	6.6	0.5	2.9	0.30	8.0
10	82	13	4.8	6.1	–	1.8	0.28	8.0
11	74	15	6.3	6.1	0.5	2.4	0.15	8.0
12	63	11	3.0	5.6	–	0.9	0.13	7.6
13	63	13	5.0	4.0	<0.5	2.6	0.13	7.8
14	80	16	8.3	7.6	–	4.1	0.16	–
15	106	16	5.3	5.4	0.5	6.8	0.16	7.4
16	69	16	4.0	3.8	–	1.4	0.14	7.8
17	85	12	2.8	3.2	<0.5	3.8	0.14	7.4
18	107	11	5.3	4.6	–	8.8	0.20	7.5
19	60	17	10.0	8.4	0.5	3.8	0.09	7.6
20	111	20	5.3	6.8	–	6.8	0.09	7.7
21	72	19	9.0	6.8	<0.5	2.3	0.07	7.8
22	38	34	5.3	7.8	–	1.6	0.12	8.1
23	119	13	5.3	6.2	0.5	6.9	0.18	7.8
24	94	16	7.0	5.4	0 5	3.5	0.09	7.8

Paramètre / Puits d'observation	Dureté (mg/L $CaCO_3$)	Alcalinité (mg/L HCO_3)	Conductivité (µS/cm)	NH_3 (mg/L)	$NO_3 + NO_2$ (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	SO_4 (mg/L)	Cl (mg/L)
1	336	410	640	1.3	0.04	<2	17	15
2	236	268	430	1.2	0.10	<2	19	5
3	320	380	580	1.7	0.22	<2	13	8
4	322	390	600	1.5	0.04	2	10	9
5	254	299	470	1.2	0.04	2	20	4
6	344	430	640	1.8	0.46	2	9	11
7	260	305	475	1.0	0.20	3	16	5
8	–	–	–	–	–	–	–	–
9	322	390	600	2.2	0.26	<2	12	9
10	270	334	510	1.8	0.30	<2	6	4
11	268	317	495	1.4	0.08	<2	18	4
12	216	249	400	3.0	0.80	15	12	4
13	224	256	420	0.9	0.66	2	17	5
14	–	–	–	27.5	–	–	11	–
15	356	419	660	3.0	0.02	15	23	9
16	252	295	465	2.1	<0.18	22	18	5
17	270	315	495	3.6	<0.02	28	22	3
18	332	366	600	5.6	<0.02	25	10	5
19	234	278	450	1.6	<0.02	5	7	5
20	344	349	700	3.4	0.06	>6	9	5
21	270	298	520	5.2	0.04	30	16	8
22	236	273	430	2.5	<0.02	30	9	5
23	368	402	680	3.8	0.04	34	10	9
24	322	334	600	1.7	0.06	2	18	8

Tableau 7. Données sur la qualité des eaux à partir des expériences d'atténuation

Échantillon	HCO_3	Mg	Na	Ca	K	Fe	Mn	Cl	NO_3	NH_4	SO_4	PO_4	Litre	Cations totaux	Anions totaux	Charge résid.
	(méq/L)													(méq/L)		
3OCT25	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	2.62	0.00	0.04	0.13	0.00	1	0.388	4.789	******
3OCT26	0.00	2.06	2.39	21.46	0.23	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.17	0.00	2	26.158	0.170	98.710
3OCT31	9.99	2.06	4.35	12.97	0.03	0.02	0.00	12.84	0.00	0.28	0.46	0.01	3	19.709	23.296	-8.342
3NOV01	11.91	7.24	0.53	13.47	0.03	0.01	0.00	12.55	0.01	0.01	0.23	0.00	4	27.286	24.701	4.971
3NOV15	9.95	1.61	7.61	12.48	0.03	0.01	0.01	12.69	0.07	0.02	0.08	0.00	5	21.962	22.607	-1.899
3NOV16	12.39	2.14	10.44	10.98	0.03	0.06	0.02	12.13	0.13	0.29	0.06	0.00	6	23.949	24.716	-1.579
3NOV17	13.43	2.30	9.35	15.97	0.05	0.02	0.03	11.85	0.03	0.31	0.08	0.00	7	28.031	25.396	4.932
3NOV18	11.83	2.47	9.57	16.47	0.05	0.03	0.03	11.57	0.00	0.03	0.04	0.00	8	28.649	23.440	10.000
3NOV20	15.91	2.30	9.57	15.47	0.08	0.01	0.04	11.85	0.08	0.20	0.02	0.00	10	27.673	27.857	-0.331
3NOV25	0.00	2.30	9.92	10.73	0.13	0.04	0.01	10.72	0.00	0.00	0.13	0.00	11	23.128	10.848	36.144
3NOV27	10.31	2.14	9.14	13.72	0.13	0.04	0.05	11.57	0.02	0.03	0.15	0.00	13	25.244	26.044	-5.254
3DEC06	15.67	2.14	10.44	14.97	0.13	0.04	0.11	11.85	0.00	0.17	0.00	0.00	14	27.990	27.515	0.856
3DEC07	0.00	2.30	9.79	15.47	0.00	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	27.687	0.000	******
3DEC08	0.00	2.30	9.14	14.22	0.13	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16	25.913	0.000	******
3JAN17	0.00	2.27	0.00	11.73	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	14.040	0.000	******
3JAN19	0.00	2.48	0.00	13.22	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	15.765	0.000	******
3JAN20	0.00	2.62	0.00	13.72	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19	16.381	0.000	******
3JAN21	0.00	2.67	0.00	15.22	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	17.932	0.000	******
3FEB09	0.00	2.39	0.00	12.23	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21	14.673	0.000	******
3FEB10	0.00	2.61	0.00	13.22	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22	15.867	0.000	******
3FEB11	0.00	2.71	0.00	13.72	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23	16.493	0.000	******
3FEB12	0.00	2.97	0.00	15.47	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	18.478	0.000	******
3FEB13	0.00	3.01	0.00	14.47	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25	17.521	0.000	******
4OCT26	10.07	0.49	0.17	4.24	0.00	0.01	0.00	20.88	0.02	0.04	0.19	0.00	2	4.957	31.154	******
4OCT31	1.28	1.32	0.48	8.98	0.03	0.01	0.00	11.71	0.01	0.01	0.15	0.00	3	10.827	13.145	-9.671
4NOV01	3.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	12.41	0.00	0.01	0.21	0.00	4	0.033	16.462	******
4NOV15	3.04	1.15	0.53	4.74	0.03	0.04	0.04	12.41	0.08	0.27	0.17	0.00	5	14.883	15.696	-2.658
4NOV16	4.48	1.65	0.48	8.98	0.03	0.00	0.07	12.13	0.10	0.05	0.13	0.00	6	19.256	16.831	6.722
4NOV17	7.03	1.73	0.57	9.98	0.15	0.00	0.05	12.13	0.13	0.08	0.08	0.00	7	21.572	19.380	5.353
4NOV18	9.43	0.82	10.27	9.98	0.13	0.01	0.05	12.13	0.13	0.02	0.06	0.00	8	21.275	21.755	-1.121
4NOV20	12.63	1.81	9.35	10.98	0.05	0.01	0.04	12.41	0.02	0.02	0.08	0.00	10	22.259	25.149	-6.096
4NOV25	15.51	2.14	10.14	12.72	0.13	0.04	0.05	11.85	0.00	0.17	0.15	0.00	11	25.382	27.507	-4.019
4NOV26	15.67	1.97	9.70	12.23	0.13	0.04	0.09	11.28	0.02	0.19	0.10	0.00	12	24.338	27.074	-5.323
4NOV27	16.47	2.71	9.79	14.22	0.13	0.04	0.11	11.57	0.11	0.06	0.10	0.00	13	27.054	28.251	-2.164
4DEC06	13.11	3.13	10.35	13.97	0.13	0.04	0.07	11.28	0.06	0.24	0.00	0.00	14	27.920	24.457	6.621
4DEC07	13.51	3.13	9.83	13.47	0.13	0.04	0.06	11.85	0.03	0.47	0.00	0.00	15	26.119	25.389	1.417
4DEC08	15.23	3.21	11.01	12.97	0.13	0.04	0.05	11.28	0.05	0.53	0.00	0.00	16	27.929	26.559	2.513
4JAN17	0.00	3.23	0.00	8.23	0.05	0.04	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	11.662	0.000	******
4JAN19	0.00	3.46	0.00	13.47	0.08	0.04	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	17.798	0.000	******
4JAN20	0.00	3.77	0.00	11.98	0.03	0.04	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19	15.980	0.000	******
4JAN21	0.00	3.64	0.00	11.48	0.05	0.04	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	15.349	0.000	******
4FEB09	0.00	3.13	0.00	8.73	0.05	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21	12.012	0.000	******
4FEB10	0.00	3.28	0.00	9.73	0.05	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22	13.176	0.000	******
4FEB11	0.00	3.77	0.00	11.48	0.13	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23	15.477	0.000	******
4FEB12	0.00	3.66	0.00	11.73	0.10	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	15.594	0.000	******
4FEB13	0.00	3.77	0.00	11.48	0.10	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25	15.455	0.000	******

Tableau 7. (suite)

Échantillon	HCO_3	Mg	Na	Ca	K	Fe	Mn	Cl	NO_3	NH_4	SO_4	PO_4	Litre	Cations totaux	Anions totaux	Charge résid.
						(méq/L)									(méq/L)	
5UCT25	0.84	2.96	0.90	10.58	0.16	0.09	0.00	0.73	0.02	0.09	1.88	0.00	1	14.789	3.472	61.978
5UCT26	12.11	3.45	1.87	20.96	0.10	0.01	0.01	0.18	0.06	0.14	1.08	0.00	2	26.546	21.437	10.649
5UCT31	15.59	4.20	3.05	19.47	0.15	0.06	0.07	0.17	0.06	0.02	1.04	0.01	3	24.004	25.888	-3.738
5NUV01	18.55	4.11	4.35	19.47	0.15	0.01	0.06	10.56	0.11	0.05	0.25	0.01	4	26.205	27.493	-2.509
5NUV15	22.42	5.18	3.00	21.46	0.23	0.03	0.13	10.72	0.00	0.44	0.33	0.01	5	32.470	33.484	-1.538
5NUV16	21.10	4.77	6.09	20.46	0.28	0.21	0.11	11.00	0.02	0.50	0.23	0.00	6	32.422	32.353	0.106
5NUV17	18.82	4.36	9.96	9.23	0.38	0.16	0.09	11.85	0.08	0.34	0.29	0.01	7	21.531	32.049	******
5NUV18	19.50	2.06	7.18	17.96	0.41	0.10	0.09	11.57	0.13	0.35	0.53	0.00	8	28.148	31.430	-5.510
5NUV19	20.14	2.06	7.40	17.47	0.28	0.10	0.10	11.57	0.10	0.47	0.21	0.00	9	27.868	32.017	-6.929
5NUV20	19.82	4.03	7.83	18.46	0.46	0.09	0.09	12.41	0.10	0.47	0.25	0.01	10	31.434	32.588	-1.803
5NUV25	18.78	3.70	7.01	16.72	0.46	0.64	0.08	11.57	0.13	0.47	0.31	0.00	11	29.085	30.795	-2.826
5NUV26	20.46	3.37	7.96	19.22	0.54	0.14	0.09	11.57	0.08	0.53	0.29	0.00	12	30.847	32.389	-4.085
5NUV27	19.98	3.70	7.63	16.22	0.59	0.10	0.08	11.28	0.11	0.09	0.25	0.00	13	28.586	31.633	-5.061
5UEC06	21.56	3.87	8.05	17.71	0.72	0.54	0.09	11.85	0.10	0.67	0.00	0.00	14	32.638	33.527	-1.343
5UEC07	21.10	3.54	8.18	15.97	0.72	0.04	0.08	11.85	0.00	0.72	0.00	0.00	15	29.238	32.950	-5.970
5UEC08	20.46	3.45	8.40	15.22	0.77	0.07	0.07	11.57	0.15	0.61	0.00	0.00	16	28.593	32.183	-5.907
5JAN17	0.00	5.05	0.00	19.71	0.82	0.18	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	25.882	0.000	******
5JAN18	0.00	5.03	0.00	20.71	0.97	0.07	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	26.924	0.000	******
5JAN19	0.00	5.03	0.00	20.71	0.97	0.07	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19	22.947	0.000	******
5JAN20	0.00	4.61	0.00	17.22	0.97	0.04	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	23.254	0.000	******
5JAN21	0.00	4.40	0.00	17.71	1.00	0.04	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21	26.281	0.000	******
5FEB09	0.00	4.92	0.00	19.96	1.10	0.18	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22	25.413	0.000	******
5FEB10	0.00	4.65	0.00	18.46	1.05	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23	23.725	0.000	******
5FEB11	0.00	4.25	0.00	18.21	1.07	0.07	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	22.193	0.000	******
5FEB12	0.00	4.00	0.00	16.97	1.07	0.05	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25	20.603	0.000	******
5FEB13	0.00	3.88	0.00	15.47	1.10	0.05	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
6UCT25	11.51	0.90	0.38	8.03	0.10	0.07	0.00	2.64	0.07	0.19	3.02	0.00	1	9.600	20.247	******
6UCT26	8.03	1.23	1.00	18.96	0.08	0.04	0.01	0.49	0.03	0.16	1.46	0.00	2	21.474	10.914	14.565
6UCT31	9.99	1.40	1.74	12.48	0.10	0.09	0.01	1.33	0.15	0.04	1.25	0.00	3	15.867	18.736	-8.291
6NUV01	10.71	1.48	2.52	14.47	0.15	0.07	0.01	0.60	0.00	0.00	0.77	0.00	4	18.714	20.090	-3.545
6NUV15	11.03	1.73	3.48	16.47	0.28	0.09	0.02	10.44	0.11	0.07	0.19	0.00	5	22.132	21.771	0.923
6NUV16	10.55	1.73	3.22	15.47	0.51	0.14	0.01	11.00	0.00	0.14	0.42	0.00	6	23.223	21.972	2.766
6NUV17	11.39	1.73	6.09	14.47	0.74	0.07	0.01	11.85	0.03	0.23	0.25	0.00	7	23.348	23.723	-0.797
6NUV18	10.87	0.74	5.87	13.47	0.54	0.04	0.01	0.00	0.11	0.00	0.21	0.00	8	20.677	11.192	29.761
6NUV19	10.63	0.66	6.09	13.97	0.66	0.03	0.01	12.13	0.10	0.29	0.34	0.00	9	21.711	23.234	-3.389
6NUV20	10.39	1.32	6.53	13.47	0.69	0.01	0.01	11.85	0.03	0.35	0.27	0.00	10	22.386	22.543	-0.349
6NUV25	9.91	1.15	6.74	12.72	0.66	0.04	0.01	11.85	0.00	0.24	0.31	0.00	11	21.574	22.075	-1.148
6NUV26	10.95	0.90	7.40	11.98	0.77	0.04	0.01	12.13	0.11	0.23	0.38	0.00	12	21.330	23.572	-4.993
6NUV27	11.75	1.07	7.61	12.48	0.89	0.05	0.01	11.57	0.15	0.35	0.38	0.00	13	22.466	23.840	-2.962
6UEC06	11.91	1.07	8.92	12.23	1.15	0.04	0.01	11.57	0.15	0.32	0.00	0.00	14	23.728	23.621	0.225
6UEC07	12.23	1.15	8.92	12.48	1.15	0.04	0.01	11.85	0.05	0.43	0.00	0.00	15	24.172	24.126	0.095
6UEC08	12.31	1.23	9.05	12.48	1.25	0.04	0.01	12.26	0.10	0.38	0.00	0.00	16	24.432	25.665	-2.462
6JAN17	0.00	1.21	0.00	11.98	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	13.540	0.000	******
6JAN18	0.00	1.56	0.00	12.48	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	14.088	0.000	******
6JAN19	0.00	1.56	0.00	12.48	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19	13.122	0.000	******
6JAN20	0.00	1.35	0.00	11.73	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	13.769	0.000	******
6JAN21	0.00	1.50	0.00	12.23	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21	12.903	0.000	******
6FEB09	0.00	1.39	0.00	11.48	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22	14.038	0.000	******
6FEB10	0.00	1.52	0.00	12.48	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23	14.788	0.000	******
6FEB11	0.00	1.51	0.00	12.22	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	15.079	0.000	******
6FEB12	0.00	1.56	0.00	12.47	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25	14.899	0.000	******
6FEB13	0.00	1.63	0.00	12.22	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				

Tableau 7. (suite)

Échantillon	HCO_3	Mg	Na	Ca	K	Fe	Mn	Cl	NO_3	NH_4	SO_4	PO_4	Litre	Cations totaux	Anions totaux	Charge résid.
						(méq/L)									(méq/L)	
7UCL25	12.23	2.47	0.35	9.88	0.28	0.01	0.00	4.06	0.01	0.08	1.04	0.00	1	13.069	15.347	-8.016
7UCL26	12.31	2.88	1.22	21.96	0.13	0.01	0.03	7.90	0.07	0.08	0.25	0.00	2	26.305	20.528	12.336
7UCL31	19.39	3.04	1.44	14.97	0.10	0.09	0.09	8.04	0.03	0.10	0.29	0.01	3	19.830	24.755	******
7NUV01	17.01	3.70	2.87	18.96	0.13	0.08	0.10	9.73	0.11	0.02	0.27	0.01	4	25.865	27.127	-2.382
7NUV15	23.90	5.02	3.96	25.95	0.26	0.04	0.17	10.72	0.03	0.30	0.27	0.01	5	35.697	34.930	1.086
7NUV16	21.42	4.28	3.44	29.95	0.26	0.38	0.15	11.28	0.11	0.39	0.25	0.00	6	33.842	33.072	1.151
7NUV17	20.30	4.03	3.67	20.46	0.28	0.03	0.12	12.13	0.03	0.25	0.29	0.01	7	31.146	32.762	-2.528
7NUV18	19.98	1.89	0.31	10.46	0.28	0.12	0.14	0.00	0.06	0.00	0.13	0.00	8	28.204	20.193	16.600
7NUV19	20.54	1.89	7.18	19.46	0.28	0.08	0.12	12.13	0.02	0.40	0.17	0.00	9	28.414	32.858	-5.535
7NUV20	19.82	3.29	0.96	17.96	0.33	0.01	0.12	12.13	0.10	0.33	0.17	0.00	10	29.003	32.218	-5.252
7NUV25	19.02	3.37	7.31	17.96	0.33	0.39	0.12	11.57	0.05	0.38	0.25	0.00	11	29.866	30.891	-1.687
7NUV26	20.62	3.21	0.05	17.96	0.38	0.25	0.12	11.28	0.05	0.33	0.21	0.00	12	30.272	32.166	-3.033
7NUV27	19.66	2.96	8.05	17.22	0.61	0.04	0.11	11.28	0.11	0.47	0.25	0.00	13	30.351	31.313	-1.529
7UCL06	21.10	3.28	8.05	18.21	0.54	0.08	0.12	11.85	0.08	0.49	0.00	0.00	14	32.689	33.031	-0.520
7UCL07	20.38	3.13	11.09	16.97	0.59	0.04	0.11	11.28	0.14	0.52	0.00	0.00	15	32.442	31.805	0.991
7UCL08	19.74	2.88	8.40	15.97	0.59	0.04	0.12	12.69	0.00	0.49	0.00	0.00	16	28.476	32.438	-6.503
7JAN17	0.00	4.36	0.00	20.21	0.54	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	25.386	0.000	******
7JAN18	0.00	4.49	0.00	21.21	0.79	0.11	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	26.759	0.000	******
7JAN19	0.00	4.49	0.00	21.21	0.79	0.11	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19	26.759	0.000	******
7JAN20	0.00	4.18	0.00	19.71	0.84	0.04	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	24.896	0.000	******
7JAN21	0.00	3.80	0.00	18.46	0.84	0.07	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21	23.300	0.000	******
7FEB09	0.00	4.24	0.00	19.21	0.89	0.11	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22	24.574	0.000	******
7FEB10	0.00	4.03	0.00	19.71	1.05	0.67	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23	25.000	0.000	******
7FEB11	0.00	3.73	0.00	18.71	1.05	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	23.698	0.000	******
7FEB12	0.00	3.50	0.00	17.22	1.13	0.05	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25	22.003	0.000	******
7FEB13	0.00	3.34	0.00	16.47	1.13	0.05	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	21.098	0.000	******
8UCL25	12.23	1.97	0.49	9.98	0.15	0.07	0.00	4.23	0.01	0.08	2.50	0.00	2	12.743	18.977	******
8UCL26	11.03	2.30	0.87	20.96	0.18	0.01	0.01	7.90	0.06	0.09	1.67	0.00	3	24.417	20.659	8.336
8UCL31	13.27	0.16	1.13	15.97	0.08	0.03	0.05	7.62	0.08	0.02	1.77	0.00	4	17.427	22.742	******
8NUV01	14.87	3.04	2.04	18.96	0.13	0.03	0.06	9.59	0.06	0.02	1.04	0.00	5	24.291	25.568	-2.563
8NUV15	17.98	3.62	4.65	22.95	0.13	0.08	0.10	10.72	0.02	0.12	0.25	0.00	6	29.651	28.973	1.157
8NUV16	18.86	3.62	3.74	22.45	0.20	0.14	0.10	11.57	0.10	0.26	0.23	0.00	7	30.522	30.759	-0.386
8NUV17	17.58	3.45	4.79	20.46	0.23	0.08	0.14	12.41	0.13	0.22	0.23	0.00	8	29.370	30.359	-1.655
8NUV18	16.79	1.40	5.66	18.46	0.28	0.03	0.08	0.00	0.60	0.00	0.13	0.00	9	25.910	16.911	21.015
8NUV19	17.51	2.71	0.09	17.96	0.33	0.04	0.06	11.85	0.11	0.34	0.27	0.00	10	27.560	29.735	-3.795
8NUV20	17.27	2.63	0.53	17.96	0.38	0.04	0.07	11.85	0.13	0.32	0.19	0.00	11	27.938	29.431	-2.601
8NUV25	19.15	2.39	0.22	16.72	0.38	0.04	0.07	12.13	0.08	0.28	0.19	0.00	12	26.090	28.546	-4.494
8NUV26	17.19	2.30	7.31	16.47	0.49	0.05	0.08	11.57	0.08	0.16	0.29	0.00	13	26.851	29.127	-4.065
8NUV27	17.11	2.22	8.05	15.72	0.56	0.05	0.07	11.57	0.06	0.29	0.31	0.00	14	26.959	29.052	-3.736
8UCL06	17.90	2.22	8.70	15.72	0.72	0.09	0.07	11.85	0.02	0.42	0.00	0.00	15	27.941	29.769	-3.168
8UCL07	17.27	2.14	7.96	14.47	0.77	0.04	0.07	11.28	0.08	0.44	0.00	0.00	16	25.882	28.627	-5.035
8UCL08	16.79	1.97	7.83	14.22	0.82	0.04	0.06	12.13	0.10	0.42	0.00	0.00	17	25.363	29.013	-6.712
8JAN17	0.00	3.50	0.00	20.46	0.84	0.18	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	25.095	0.000	******
8JAN19	0.00	3.59	0.00	19.96	1.15	0.14	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19	24.965	0.000	******
8JAN20	0.00	3.28	0.00	19.21	1.25	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	23.956	0.000	******
8JAN21	0.00	2.74	0.00	16.47	1.15	0.07	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21	20.512	0.000	******
8FEB09	0.00	3.35	0.00	19.46	1.33	0.21	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22	24.455	0.000	******
8FEB10	0.00	3.26	0.00	19.71	1.43	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23	24.728	0.000	******
8FEB11	0.00	2.95	0.00	18.46	1.43	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	23.050	0.000	******
8FEB12	0.00	2.57	0.00	15.22	1.46	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25	19.447	0.000	******
8FEB13	0.00	2.34	0.00	13.72	1.41	0.07	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		17.625		

décomposition et sont probablement liés en complexes avec des composés organiques solubles qui sont également produits au cours des processus de décomposition.

Expériences d'atténuation

Au tableau 7 on trouve des données sur la qualité de l'eau obtenues dans les expériences d'atténuation des eaux de percolation pour les colonnes de sédiments S3, S4, S5, S6, S7 et S8. Les valeurs d'erreurs relatives à la charge résiduelle d'échantillons pour lesquels il existe des données analytiques complètes sont données par la formule suivante (Hem, 1970):

$$\frac{\text{MEQ cation} - \text{MEQ anion}}{\text{MEQ cation} + \text{MEQ anion}} \times 100$$

Pour la plupart des échantillons, l'exactitude des calculs de la charge résiduelle est de ± 5 %.

Les résultats des expériences de contamination des sédiments sont donnés à l'annexe D et illustrés aux figures 14 à 20. Dans ces figures, on reporte la concentration relative (C/C_o) des différents éléments ou ions en fonction du volume d'eau de percolation ajouté. La concentration relative est le rapport entre la concentration dans l'eau de percolation ajoutée (C_o) et la concentration dans l'effluent (C) pour chaque partie aliquote de 1 L. Selon Griffin et coll. (1976), le point <<critique>> pour un élément donné est défini comme le point où la concentration dans l'effluent est égale à la moitié de la concentration dans l'eau de percolation (i.e. $C/C_o = 0.5$).

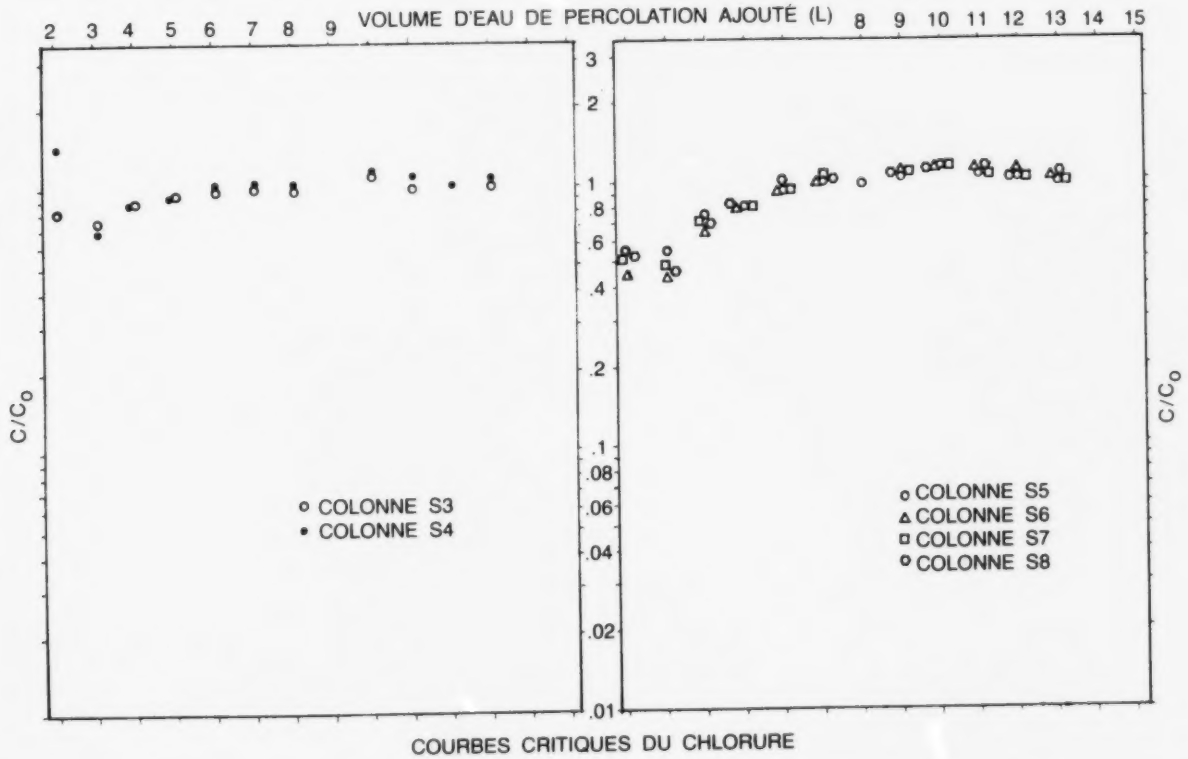
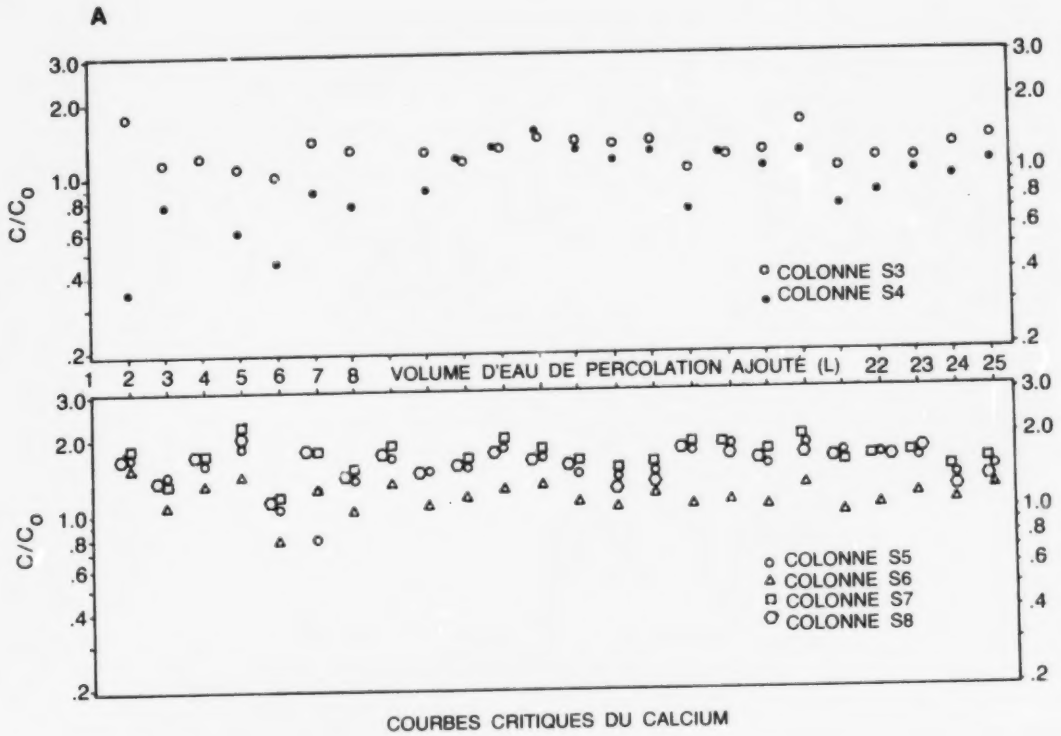
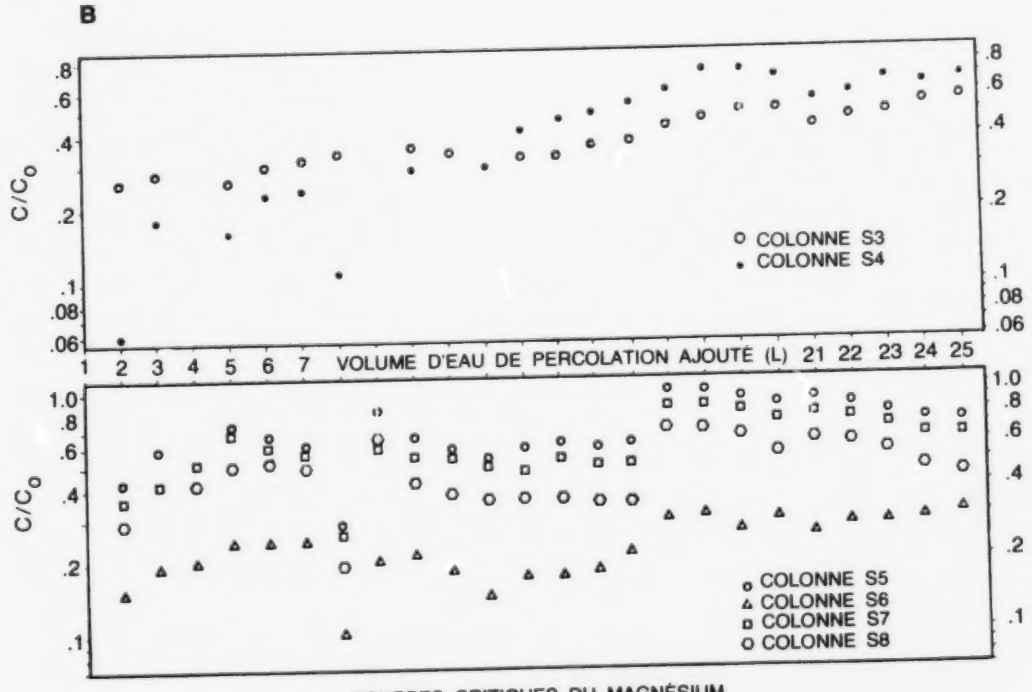


Figure 14. Courbes critiques du chlorure pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation.



COURBES CRITIQUES DU CALCIUM



COURBES CRITIQUES DU MAGNÉSIUM

Figure 15. Courbes critiques du calcium et du magnésium pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation.

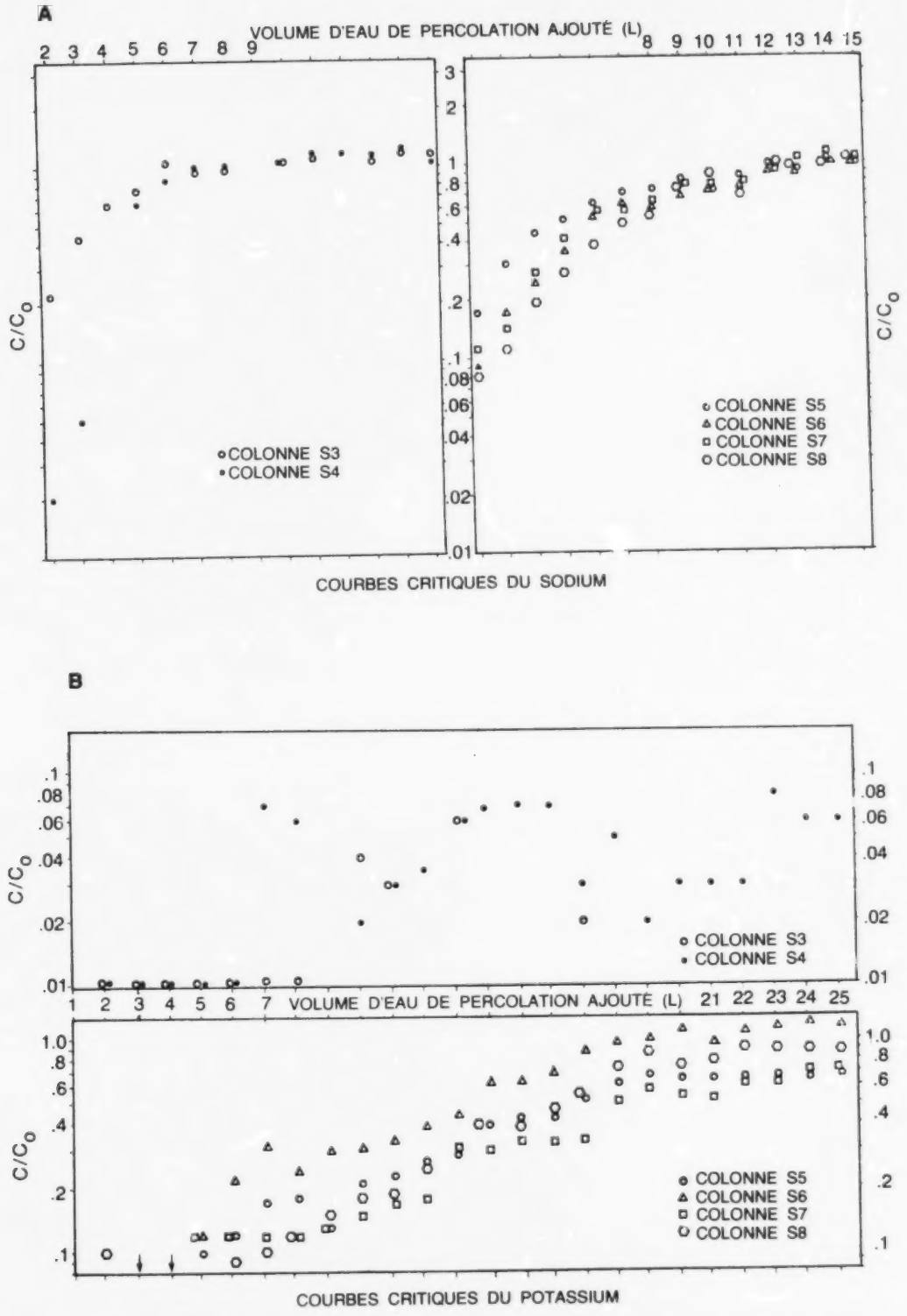


Figure 16. Courbes critiques du sodium et du potassium pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation.

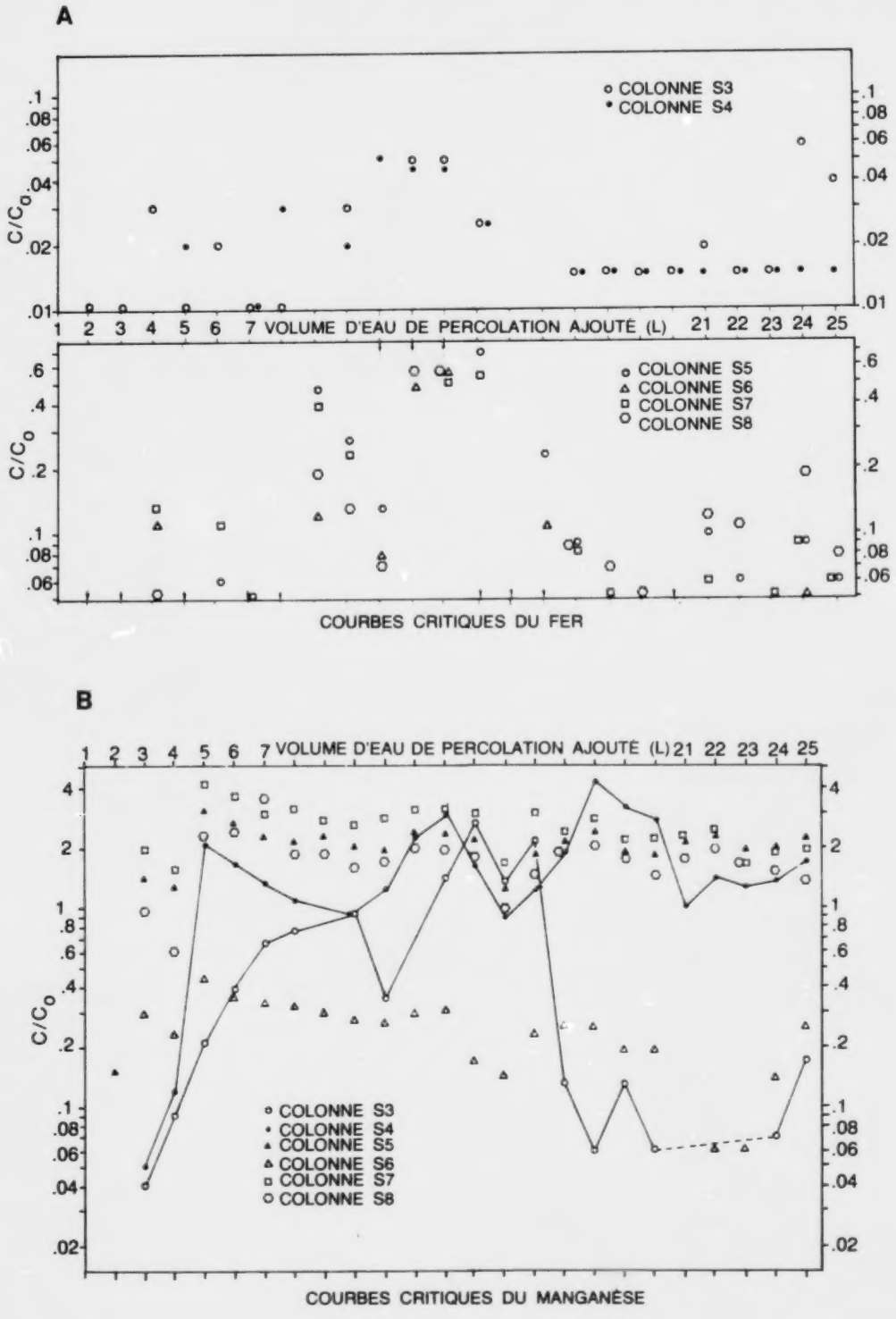
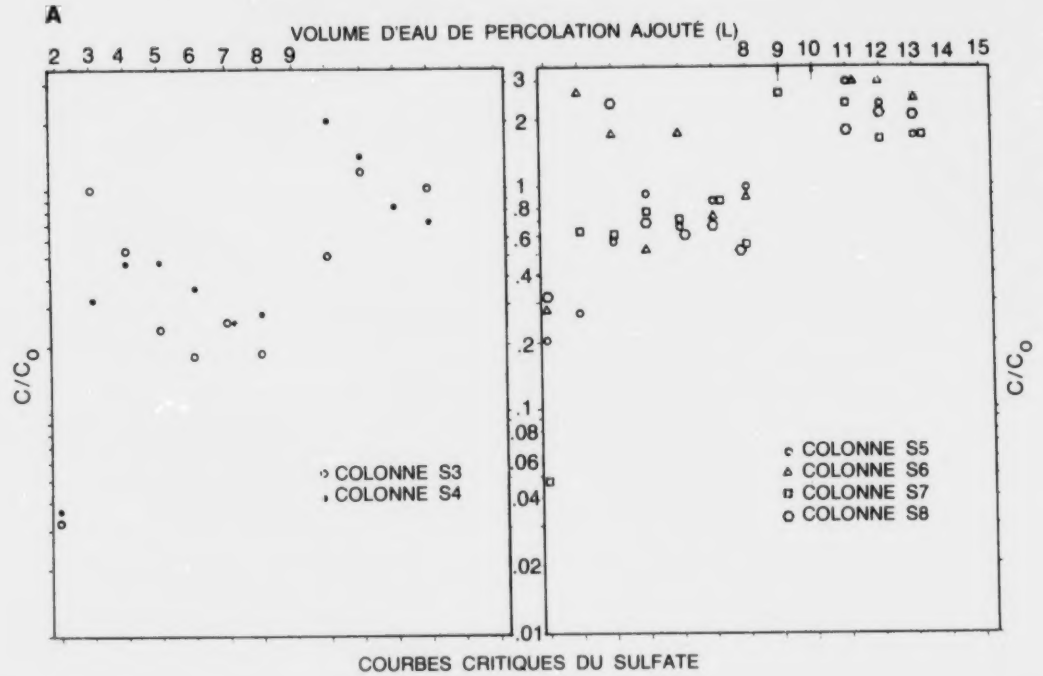


Figure 17. Courbes critiques du fer et du manganèse pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation.



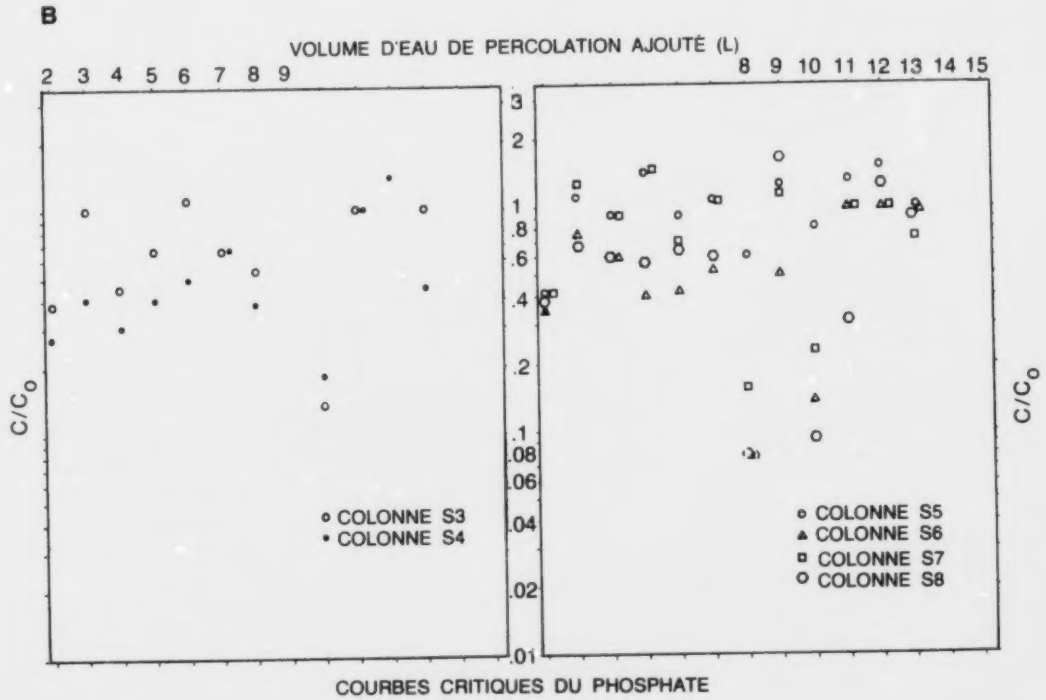


Figure 18. Courbes critiques du sulfate et du phosphate pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation.

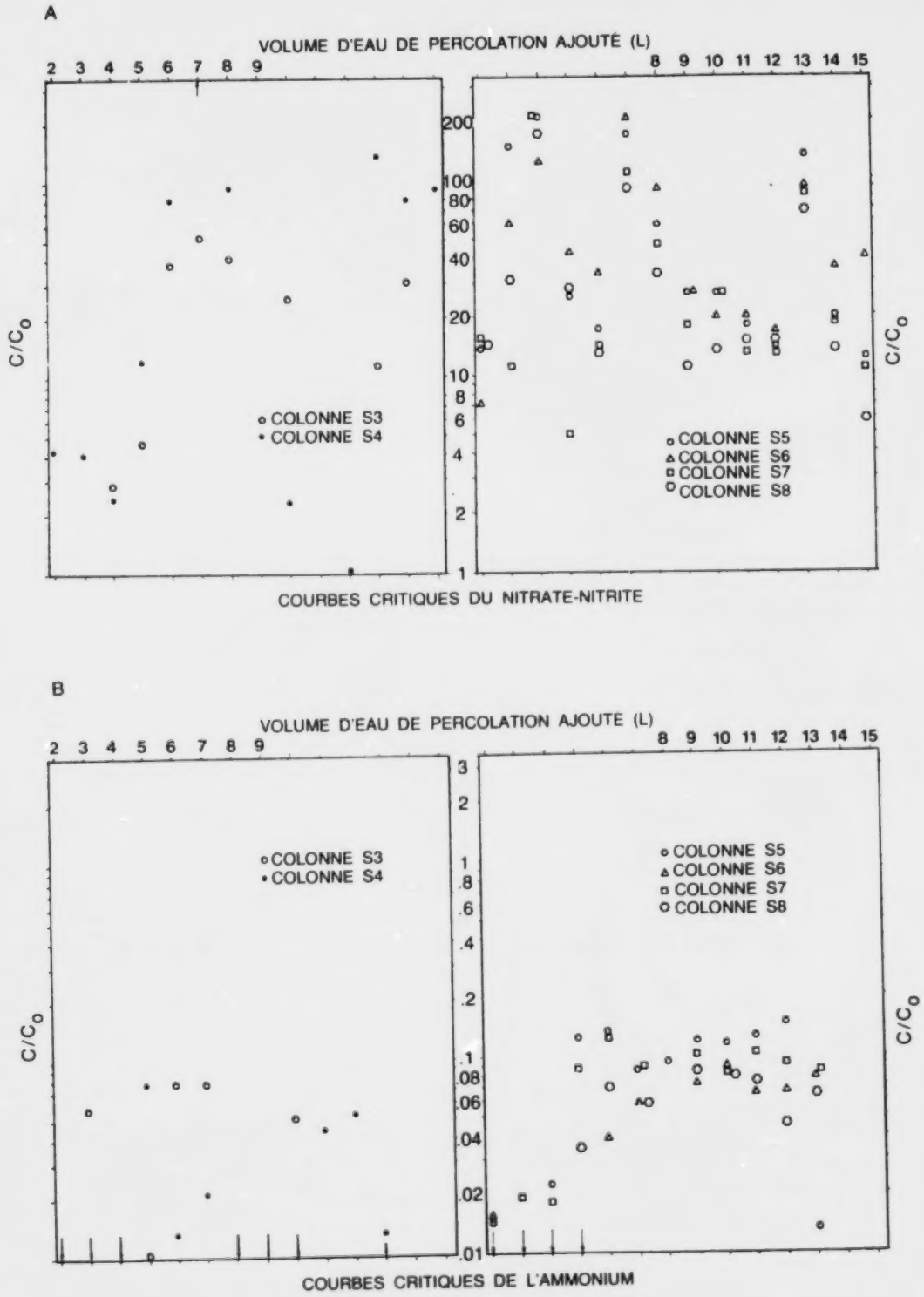


Figure 19. Courbes critiques du nitrate-nitrite et de l'ammonium pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation.

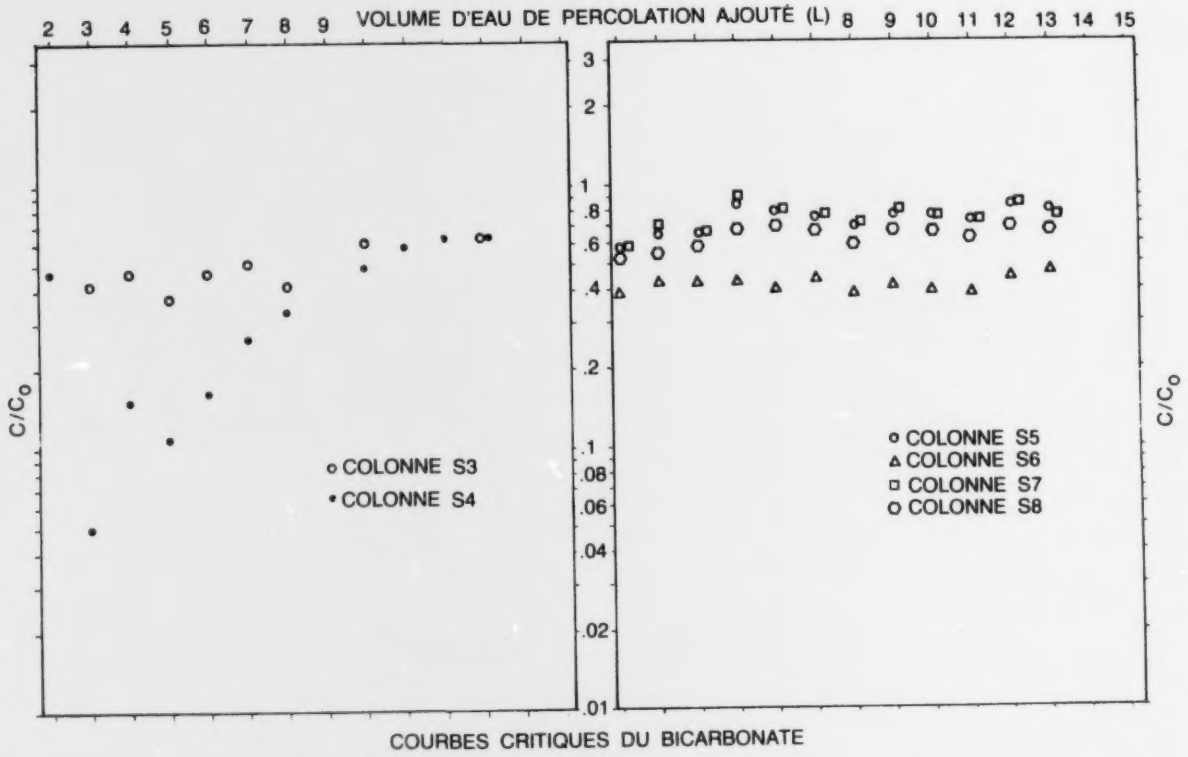


Figure 20. Courbes critiques du bicarbonate pour les expériences d'atténuation de l'eau de percolation.

Chlorures et principaux cations

La figure 14 montre les résultats de l'analyse des chlorures. Les valeurs de C/C_o montent rapidement vers l'unité et restent stables à cette valeur après l'addition d'une quantité d'eau de percolation ne dépassant pas 6 L. Les faibles valeurs initiales de C/C_o ne seraient pas un indice de l'absorption par les sédiments mais plutôt un indice de la dilution par les fluides interstitiels présents dans les sédiments. Etant donné que les sédiments organiques (S5, S6, S7 et S8) ont une teneur initiale en eau plus élevée, l'effet de la dilution est plus marqué dans ces substances.

Par rapport aux chlorures, les principaux cations (calcium, magnésium, sodium et potassium) se sont comportés de façon différente. Les colonnes de loam sableux (S3 et S4) représentant le drumlin, et notamment les colonnes de sédiments riches en matières organiques (S5, S6, S7 et S8), ont toutes libéré du Ca lorsqu'on a ajouté de l'eau de percolation aux sédiments (figure 15A). Par contre, la teneur en magnésium a été réduite de façon variable dans les expériences de contamination (figure 15B). La concentration en magnésium dissous a été très réduite dans l'effluent de la colonne S6. Les courbes critiques du sodium (figure 16A) révèlent que la capacité des sédiments à réduire la concentration de ce métal est variable. Dans les colonnes de loam sableux (S3 et S4), la valeur C/C_o a atteint 1.0 après l'addition de 7 L d'eau de percolation, alors que le

niveau de non-atténuation dans les sédiments riches en matières organiques n'a été atteint qu'après l'addition de 14 L. Pendant l'expérience de contamination des sédiments, l'atténuation du potassium a dépassé 90 % dans les colonnes S3 et S4 (figure 16B). Il semblerait donc que le loam de Darlington qui s'est formé sur les drumlins du comté de Prince-Edouard a une grande capacité à fixer le potassium. L'atténuation du potassium par les sols organiques de Big Swamp a été moins importante. A la fin des expériences, les colonnes S5, S6, S7 et S8 n'étaient plus capables d'atténuer le potassium.

On peut expliquer la libération du calcium et l'atténuation du magnésium, du sodium et du potassium en fonction des processus d'échange d'ions. Dans tous les sédiments utilisés dans les expériences, le calcium s'est avéré le principal cation échangeable (tableau 5). Le calcium, par rapport au magnésium, au sodium et au potassium, reste encore le principal cation des eaux souterraines de la région étudiée (tableau 6). Par rapport aux eaux souterraines, l'eau de percolation utilisée dans les expériences d'atténuation a présenté des concentrations plus élevées en sodium, en magnésium et en potassium qu'en calcium. Ainsi, le contact entre l'eau de percolation et les sédiments s'est traduit par le remplacement dans les sédiments du magnésium, du sodium et du potassium par le calcium.

Fer et manganèse

Au cours des expériences, on n'a pas observé dans les échantillons d'effluent atténué de quantités appréciables de métaux lourds sauf du fer et du manganèse. Les concentrations en fer (figure 17A) sont erratiques et laissent supposer une atténuation importante. L'atténuation du fer est probablement due à la précipitation d'oxyhydroxydes de fer, lesquels sont éliminés ensuite par filtration. On doit cependant faire remarquer que si les expériences avaient été faites dans des conditions anoxiques, la précipitation et l'élimination du fer auraient pu ne pas se produire.

Les colonnes d'atténuation S3, S4, S5, S7 et S8 ont libéré du manganèse après l'addition de quelques litres d'eau de percolation (figure 17B). Les concentrations élevées en manganèse de l'effluent indiquent une désorption ou dissolution possible. Par contre, dans la colonne S6, plus de 50 % du manganèse a été éliminé au cours des expériences d'atténuation de l'eau de percolation. La capacité des sédiments de la colonne S6 à atténuer le manganèse peut tenir à leur teneur très élevée en matières organiques (tableau 4) et au degré de décomposition de ces matières (annexe C). Les résultats pour les colonnes S3 et S4 sont erratiques et ne montrent aucune tendance particulière.

Sulfate, phosphate, nitrate-nitrite, ammonium et bicarbonate

Les données sur l'atténuation du sulfate, du phosphate, des nitrates et nitrites, de l'ammoniac et du bicarbonate dans les eaux de percolation sont illustrées aux figures 18, 19 et 20. Les courbes critiques pour ces complexes ioniques sont mal définies pour tous les types de sédiments étudiés.

Les concentrations en sulfates et en phosphates de l'effluent provenant des colonnes n'ont ni augmenté ni diminué d'une façon régulière par rapport aux valeurs initiales dans l'eau de percolation (figure 18). Les résultats pour les sulfates dans les colonnes S5, S6, S7 et S8, après l'addition de 8 L d'eau de percolation, pourraient laisser supposer que du sulfate a été libéré; cependant, cette augmentation dans le rapport

C/C_o a été en grande partie le résultat d'une diminution de la concentration en sulfate de l'eau de percolation brute.

La concentration en nitrates et nitrites de l'effluent a augmenté d'une façon importante par rapport à la concentration dans l'eau de percolation (figure 19A). La présence de la plus grande partie des nitrates et nitrites a été probablement le résultat de la nitrification de l'ammonium, car les concentrations en ammonium ont été largement réduites au cours du passage de l'eau de percolation à travers les colonnes (figure 19B). Une certaine quantité d'ammonium a pu se volatiliser sous la forme de NH_3, mais, étant donné que le pH est resté presque neutre (pH 7.0 $\pm$ 0.5) pendant les expériences, ce phénomène a vraisemblablement été peu important (Haan et Zwerman, 1976).

La figure 20 donne les rapports C/C_o du bicarbonate. Après l'addition de seulement quelques litres d'eau de percolation, un rapport C/C_o relativement stable inférieur à 1.0 a été atteint. Il semble que, pour les colonnes S5, S6, S7 et S8, il existe une relation directe entre l'ampleur de l'atténuation du HCO_3 et la perte à la calcination (tableau 3b). L'oxydation du fer et la formation de dioxyde de carbone dans les sédiments pourraient être à l'origine de la diminution de la concentration en bicarbonate. On peut représenter ce processus par la réaction suivante:

(1) $2Fe^{3+}(aq)+3H_2O \rightleftharpoons Fe_2O_3(s)+6H^+(aq)$

(2) $6H^+(aq)+6HCO_3^-(aq) \rightleftharpoons 6H_2CO_3 \rightleftharpoons 6H_2O + 6CO_2\ (g)$

D'autres réactions biochimiques/géochimiques faisant intervenir probablement des minéraux carbonatés peuvent aussi influer sur la concentration en bicarbonate.

Expériences de remobilisation

Les résultats analytiques pour tous les échantillons prélevés au cours des expériences de remobilisation sont présentés sous forme de tableau à l'annexe E.

Le pH de l'eau de pluie simulée est passé de 3.6 à 7 environ au fur et à mesure que la solution a migré vers la base de chaque colonne. Dans toutes les colonnes de sédiments organiques sur lesquelles on a fait des essais (S5, S6 et S8), le pH s'est stabilisé à 7.0 dans les 60 cm supérieurs. Les valeurs initiales du rH de l'eau de pluie (400 mV) ont été réduites à 250-320 mV dans les 30 cm supérieurs de chaque colonne contenant des sédiments riches en matières organiques, alors que les valeurs du rH dans le loam sableux (colonne S3) ont baissé jusqu'à 200-220 mV.

Les données portant sur l'élution avec l'eau de pluie des colonnes S3, S5, S6 et S8 sont reportées sur graphique à la figure 21. Les concentrations en calcium, en magnésium, en sodium et en potassium sont données en fonction du volume de solution éluée à la base de chaque colonne. En général, on a remarqué que la concentration des principaux éléments augmente d'abord, atteint un maximum après l'addition de quelques litres d'eau de pluie simulée, puis baisse d'une façon continue jusqu'à la fin de l'expérience. L'augmentation initiale de la concentration s'explique par la méthode expérimentale. Avant de commencer les expériences, on a saturé les colonnes d'eau de pluie simulée en les remplissant par le bas. Ainsi, au début des expériences, les premiers échantillons recueillis à la base de chaque colonne contenaient de l'eau de remplissage. La concentration des constituants a augmenté initialement car l'eau de remplissage, au sommet de la colonne, s'est d'abord mélangée avec les sédiments, puis a élué une

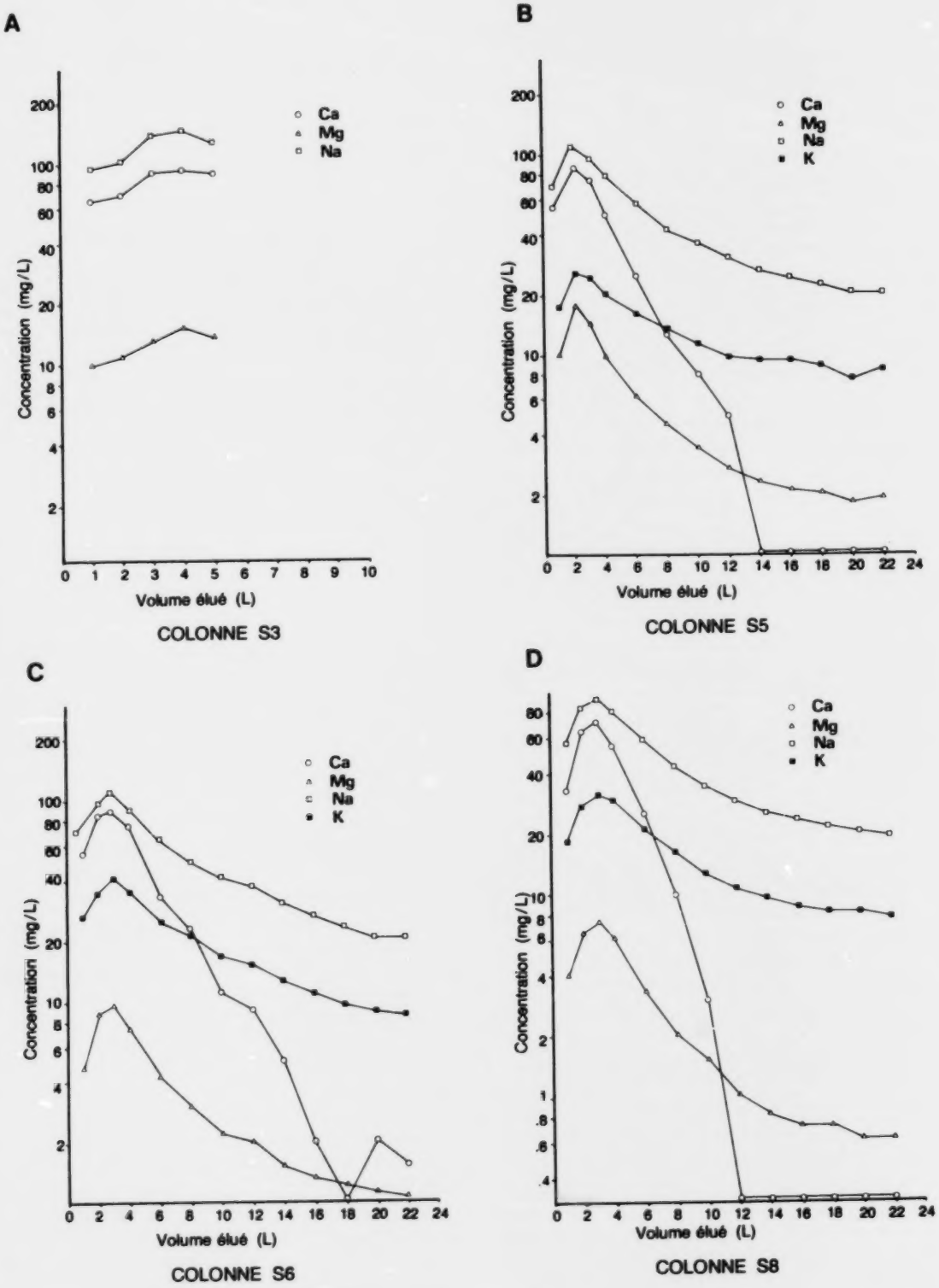


Figure 21. Valeurs de qualité de l'eau après remobilisation des contaminants pour les colonnes S3, S5, S6 et S8.

très forte proportion des constituants. On a remarqué que les courbes de concentration de l'éluat étaient similaires à celles de la figure 21 pour le bicarbonate, le sulfate et le fer. Dans toutes les colonnes sur lesquelles on a effectué des essais, les concentrations en fer et en manganèse étaient inférieures à 1 mg/L, ce qui laisse supposer que la remobilisation de ces éléments n'était pas importante dans les conditions expérimentales.

Les différences de conductivité hydraulique dans les colonnes S5, S6 et S8 (annexe A) se sont traduites par des débits différents d'eau de pluie simulée à travers les colonnes. Néanmoins, les concentrations en principaux ions dans l'éluant étaient similaires pour toutes les colonnes (comparer les figures 21B, 21C et 21D). Les résultats laissent supposer que l'élution est relativement rapide.

Principaux cations échangeables

A la figure 22, on a tracé la courbe des données pour les colonnes S5 et S7 sur le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium échangeables qu'on a obtenues à partir des échantillons de sédiments prélevés à différentes étapes des expériences d'atténuation et de remobilisation. On n'a remarqué aucune différence statistiquement significative dans les concentrations en calcium échangeable entre les sédiments contaminés, les sédiments lavés par l'eau de pluie et les sédiments non contaminés, bien que du calcium ait été libéré pendant les expériences d'atténuation et de remobilisation. On n'a pas décelé de pertes de calcium dans les résultats du calcium échangeable car la quantité de calcium libérée était très petite par rapport à la quantité totale contenue dans les sédiments. Par contre, les concentrations en magnésium, en sodium et en potassium échangeables étaient beaucoup plus grandes dans les sédiments contaminés que dans les sédiments non contaminés correspondants (figure 22A). Même après élution avec l'eau de pluie simulée, ces concentrations étaient encore plus grandes que celles dans les sédiments non contaminés, mais la différence moyenne, particulièrement pour le sodium, était réduite (figure 22B).

Effets potentiels des eaux de percolation d'une décharge sur la qualité des eaux souterraines dans le marais de Big Swamp

D'après les données obtenues dans la présente étude, on peut estimer l'effet potentiel sur la qualité des eaux souterraines de l'aménagement éventuel d'une décharge dans le marais de Big Swamp.

Aux figures 23, 24, 25 et 26, on compare les concentrations de différents constituants de l'eau de percolation brute et de l'eau atténuée avec celles des eaux souterraines naturelles de la région de Big Swamp. Les concentrations en calcium, en magnésium, en sodium, en potassium, en ammonium, en fer, en manganèse, en bicarbonate et en chlorure sont plus élevées dans l'eau de percolation brute que dans les eaux souterraines naturelles.

Des données obtenues dans les expériences d'atténuation indiquent que le chlorure ne sera pas retenu par les sédiments, mais que le mélange initial de l'eau de percolation avec les sédiments organiques et inorganiques de Big Swamp aura comme résultat des baisses dans les concentrations en magnésium, en potassium, en sodium, en ammonium, en fer, en métaux à l'état de traces et en bicarbonate. Pour le sodium, le magnésium et, à l'exception des sédiments inorganiques, le potassium, la capacité d'atténuation est limitée, comme l'indique l'augmentation lente des concentrations dans l'effluent

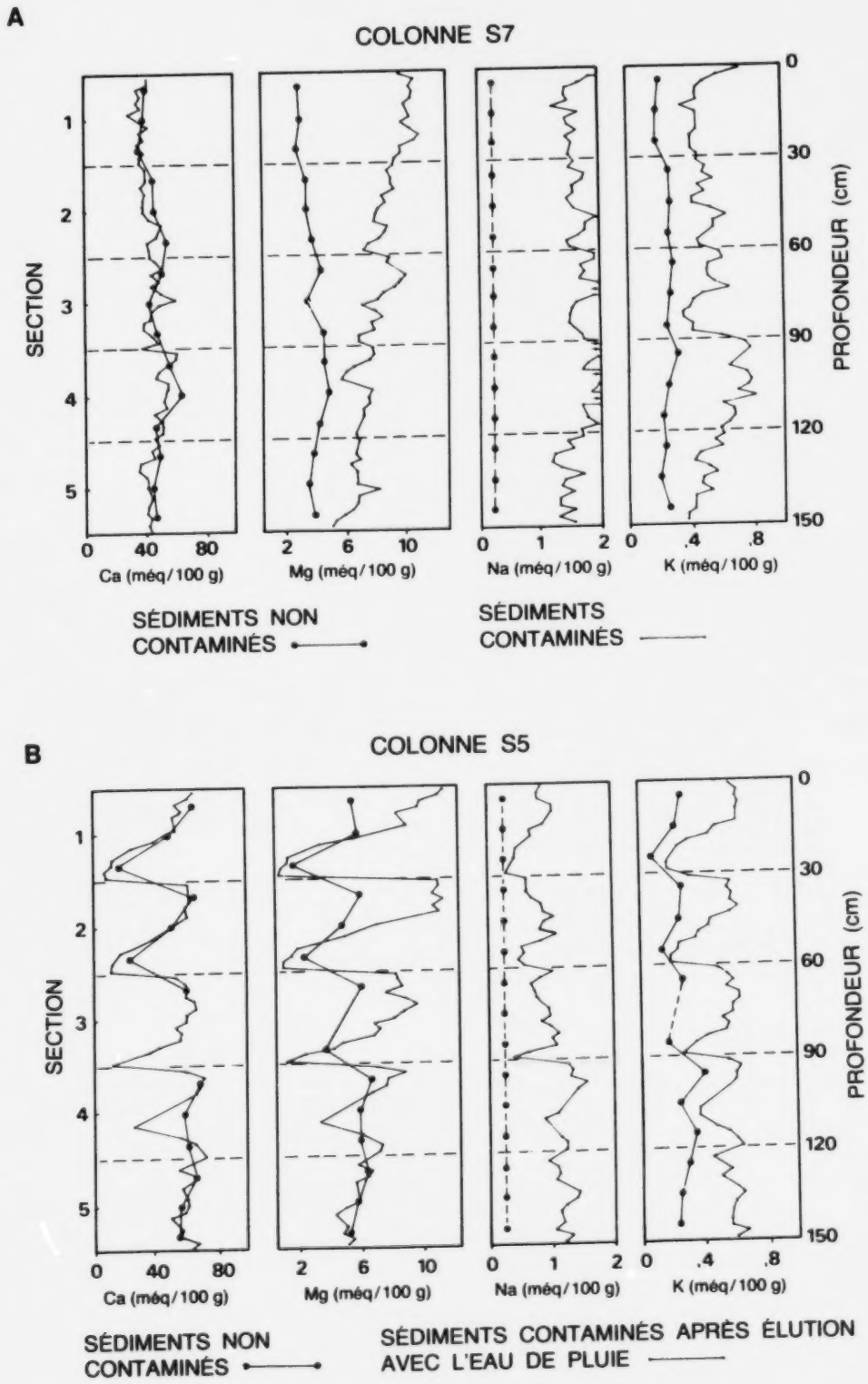


Figure 22. Variations des concentrations des principaux cations échangeables à différentes étapes des expériences d'atténuation et de remobilisation: *A* - sédiments non contaminés et sédiments complètement contaminés; *B* - sédiments non contaminés et sédiments lavés par l'eau de pluie.

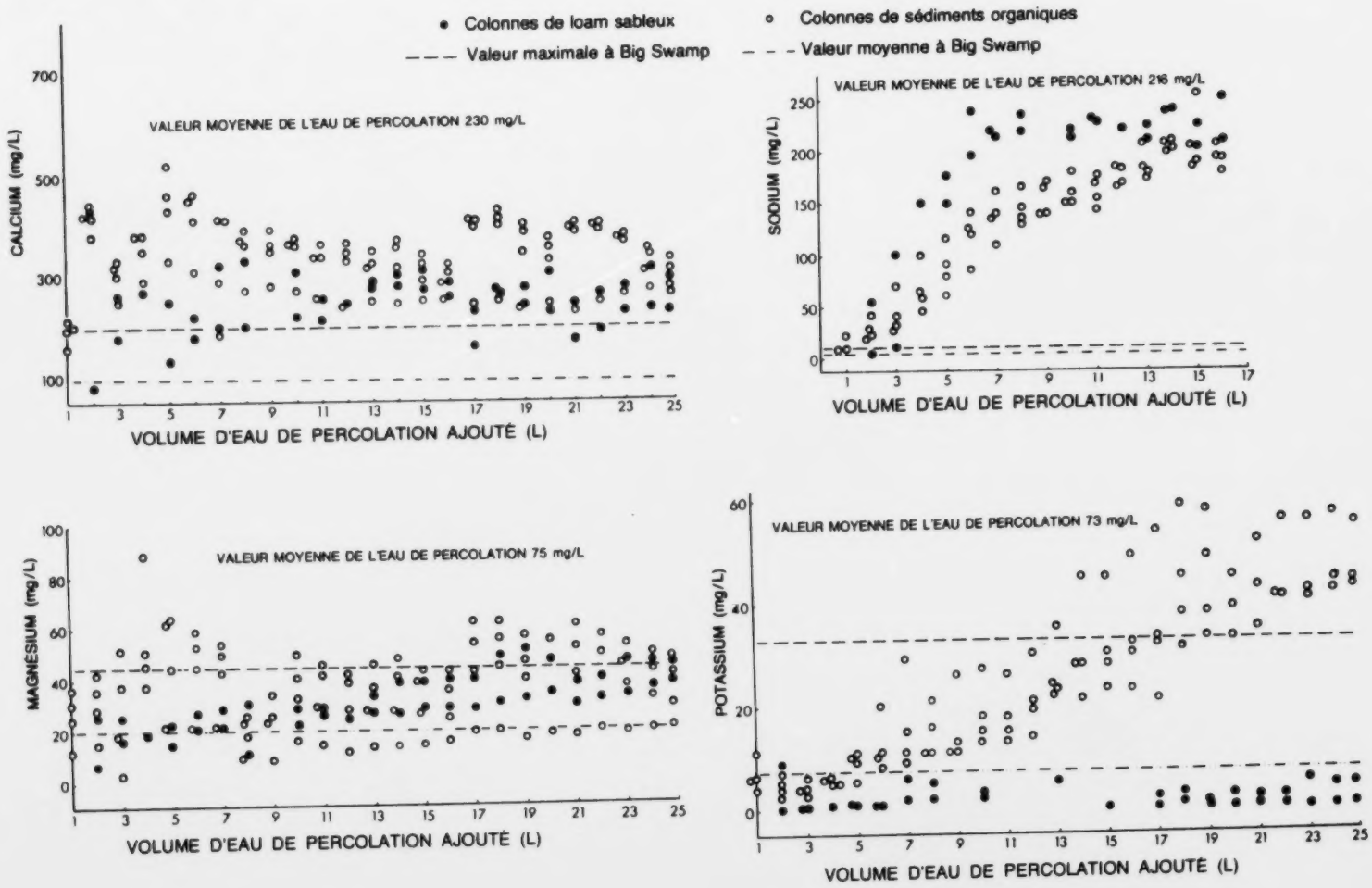


Figure 23. Comparaison des teneurs de l'eau de percolation brute, de l'eau de percolation atténuée et des eaux souterraines de Big Swamp en calcium, magnésium, sodium et potassium.

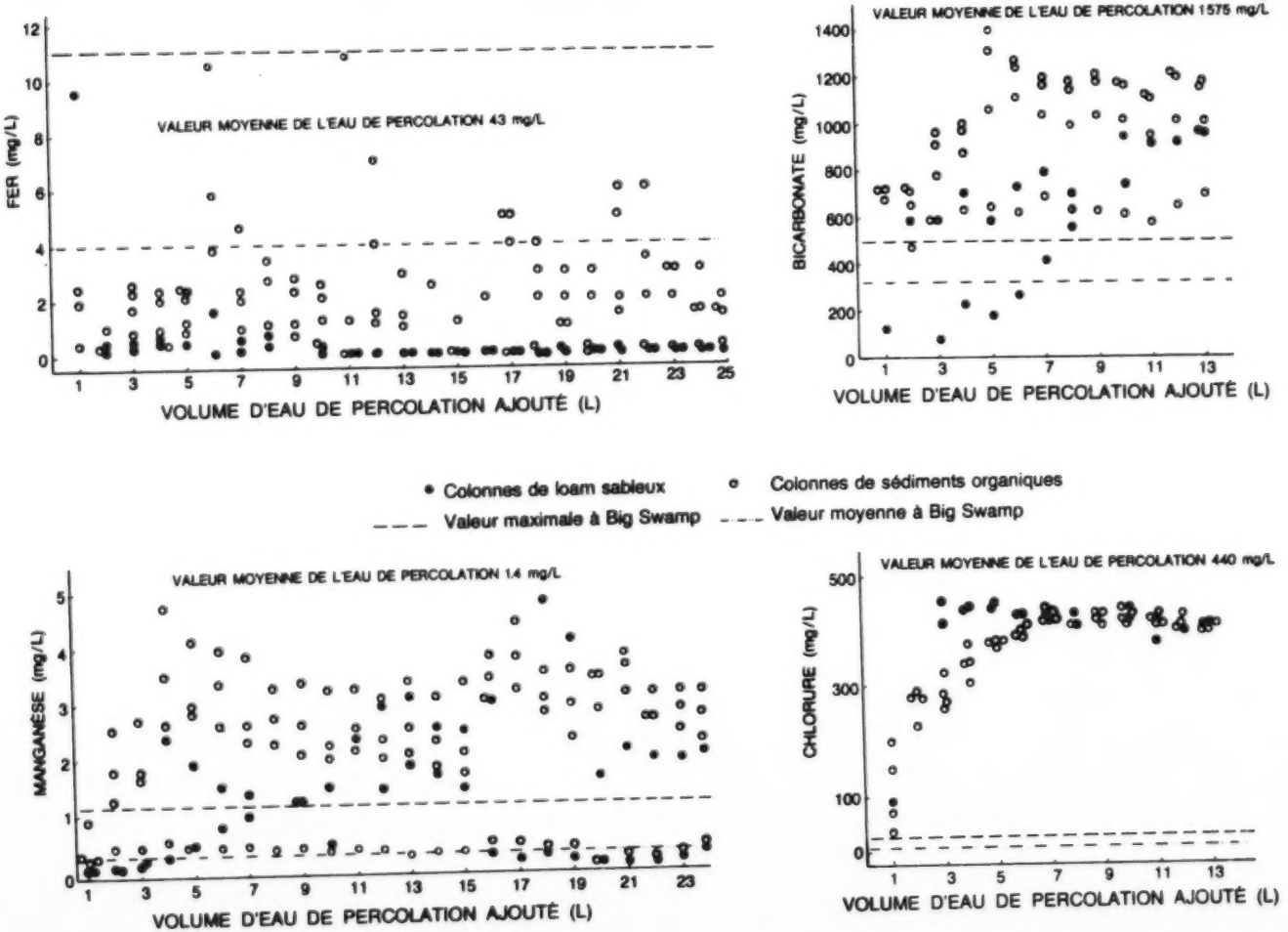


Figure 24. Comparaison des teneurs de l'eau de percolation brute, de l'eau de percolation atténuée et des eaux souterraines de Big Swamp en fer, manganèse, bicarbonate et chlorure.

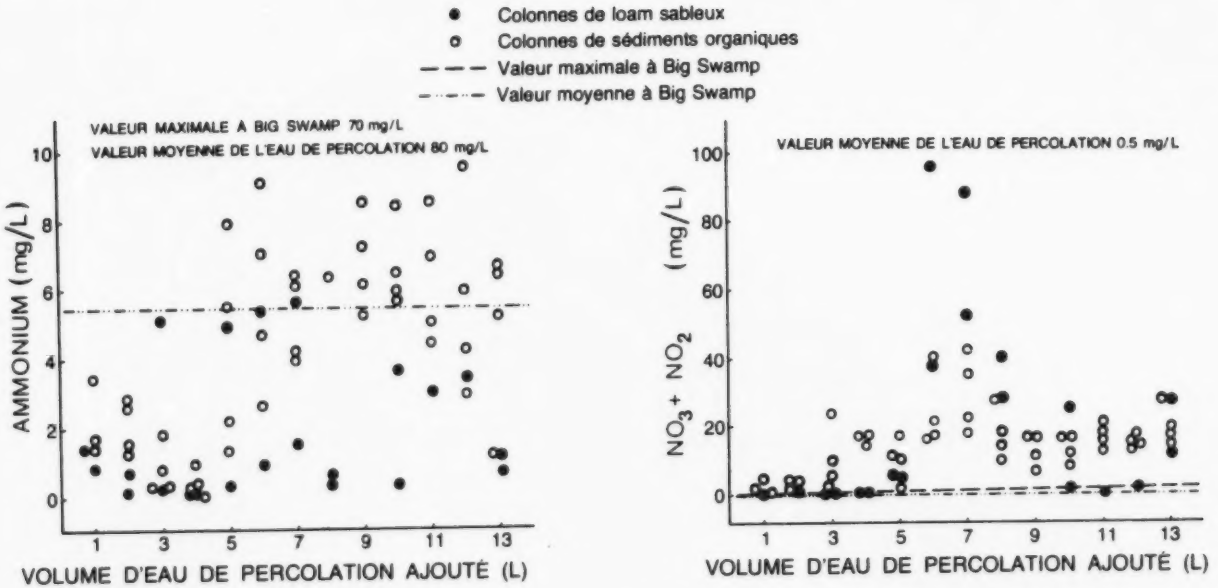


Figure 25. Comparaison des teneurs de l'eau de percolation brute, de l'eau de percolation atténuée et des eaux souterraines de Big Swamp en ammonium et nitrate-nitrite.

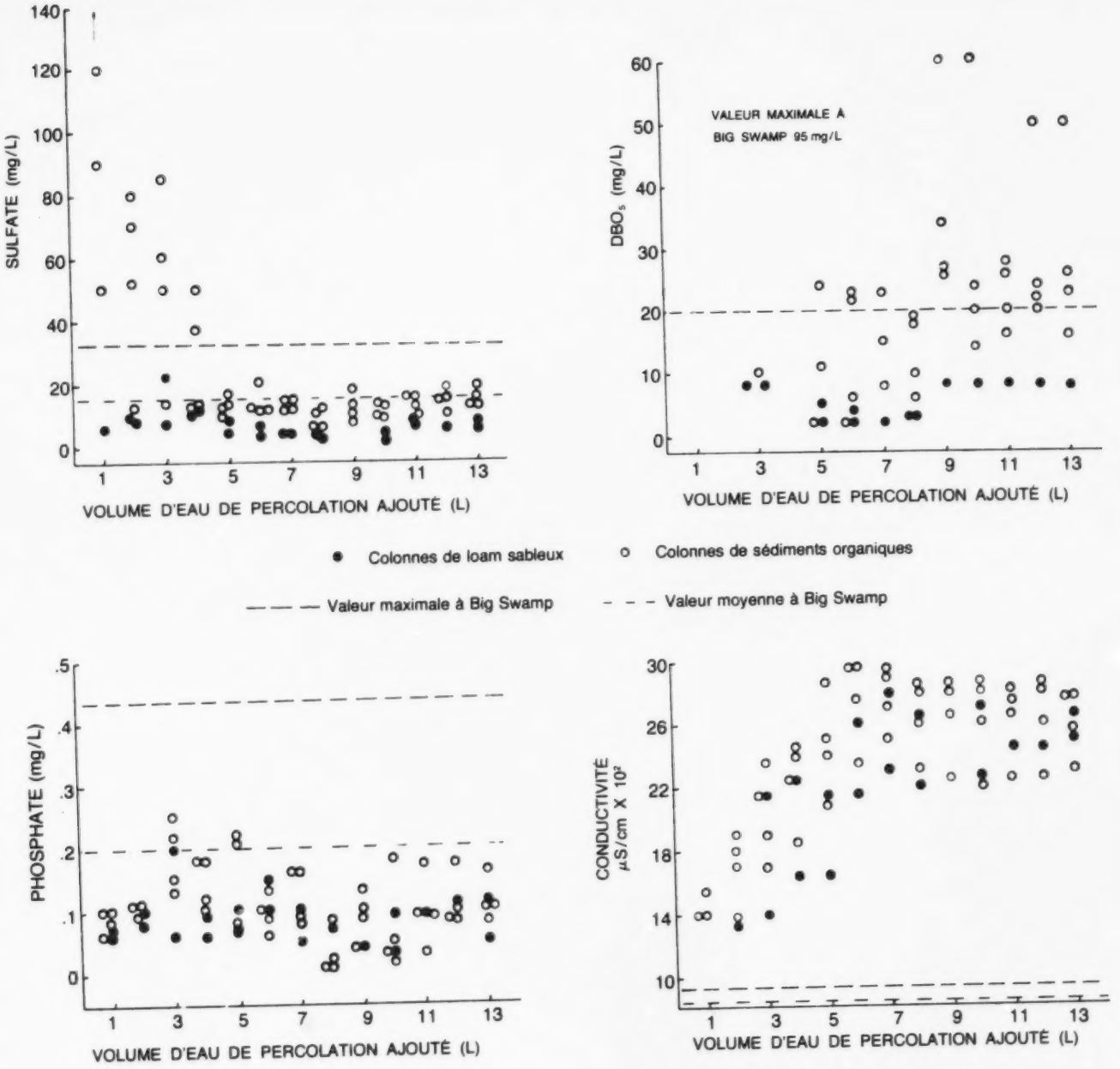


Figure 26. Comparaison des teneurs de l'eau de percolation brute, de l'eau de percolation atténuée et des eaux souterraines de Big Swamp en sulfate et phosphate, ainsi que de leur DBO_5 et leur conductivité.

provenant des colonnes au cours des expériences d'atténuation. De plus, les résultats obtenus à partir des expériences de remobilisation ont montré que le sodium, le potassium et le magnésium peuvent être facilement éliminés des sédiments (figures 21 et 22). Par conséquent, ces cations ne seront pas éliminés d'une façon permanente de l'eau de percolation au contact avec les sédiments, mais la vitesse de migration de chaque cation sera retardée par rapport au débit des eaux souterraines.

Le mélange de l'eau de percolation d'une décharge avec les sédiments organiques et inorganiques devrait entraîner des concentrations accrues en calcium et en manganèse. Par contre, les concentrations en ammonium, en fer et en métaux à l'état de traces seront réduites à des valeurs égales ou inférieures aux concentrations moyennes naturelles. Les résultats obtenus dans les expériences de remobilisation indiquent que l'élimination du fer et des métaux à l'état de traces sera permanente, du moins si les conditions d'oxydation dominent. Les données à la figure 19 laissent supposer que l'ammonium sera converti en nitrates et nitrites, dont les concentrations dépasseront de beaucoup les concentrations naturelles.

Le mélange de l'eau de percolation avec les sédiments devrait se traduire par une réduction de la concentration en bicarbonate, mais pas à une valeur caractéristique des eaux souterraines naturelles de la région. La réduction observée du bicarbonate peut être une conséquence de la précipitation des carbonates, l'eau de percolation étant sursaturée en calcite (tableau 7).

Le passage de l'eau de percolation à travers le milieu souterrain de la région de Big Swamp ne devrait pas modifier sensiblement la DBO_5 ou la concentration en phosphates. Cependant, la concentration en sulfates pourrait augmenter au moment initial de contact entre l'eau de percolation et les sédiments organiques.

En résumé, la percolation des eaux d'une décharge dans le milieu souterrain de Big Swamp devrait modifier la qualité des eaux souterraines locales. Les concentrations en chlorure, en calcium, en sodium, en potassium, en manganèse, en nitrates et nitrites et en bicarbonate augmenteront par rapport aux concentrations naturelles. Les concentrations en chlorure, en ammonium, en manganèse et en calcium pourraient dépasser les concentrations acceptables dans les eaux de consommation domestique (McNeely et coll., 1979). Au fur et à mesure que l'eau de percolation migre à travers les sédiments, la concentration de ces derniers éléments sera réduite par dilution et dispersion, phénomènes qui sont les plus marqués au cours de la période de ruissellement au printemps. Si les eaux de percolation atteignent la nappe aquifère plus profonde située dans le calcaire, la dilution et la dispersion seront beaucoup moins marquées. Au cours de la migration des eaux de percolation à travers les sédiments non consolidés, les éléments tels que le sodium, le potassium et le magnésium sont séparés par chromatographie, étant donné que leurs vitesses de déplacement sont retardées par rapport au débit des eaux souterraines. Le fer et les métaux à l'état de traces devraient être retenus efficacement par les sédiments et ne devraient pas être entraînés loin de l'emplacement de la décharge.

CONCLUSION

Les données obtenues dans la présente étude permettent d'évaluer l'efficacité relative des sédiments organiques, par rapport aux matériaux clastiques à grains fins, à atténuer les contaminants potentiels dans les eaux de percolation d'une décharge.

Pour tous les éléments, à l'exception du potassium, la capacité d'atténuation des substances organiques est similaire à celle des sédiments inorganiques (figures 14 à 20). On doit cependant faire remarquer que les expériences ont été effectuées en utilisant des volumes égaux de sédiments organiques et de sédiments inorganiques. En poids sec, la quantité de sédiments dans les colonnes de matières inorganiques était environ trois fois celle dans les colonnes de matières organiques. Par conséquent, en poids sec, les sédiments organiques sont beaucoup plus efficaces.

La conductivité hydraulique des sédiments organiques est relativement élevée, et ces matériaux ne seraient par conséquent pas efficaces pour réduire la vitesse de déplacement des eaux de percolation provenant d'une décharge. Néanmoins, on ne devrait pas nécessairement considérer la présence de sédiments organiques comme défavorable lors du choix d'un lieu de décharge. Des sédiments clastiques de conductivité hydraulique similaire (10^{-1} à 10^{-2} cm/s), contenant des sables propres (Freeze et Cherry, 1979), auraient probablement une capacité d'atténuation beaucoup plus faible que celle des sédiments organiques, même à volumes identiques. Etant donné que les eaux de percolation suivront la voie la plus simple, c'est-à-dire à travers les unités les plus perméables d'une décharge, il serait plus avantageux si les horizons les plus perméables étaient organiques. Les eaux de percolation seraient alors sélectivement canalisées vers les horizons organiques où l'atténuation serait relativement efficace. De plus, étant donné que le débit des eaux souterraines est relativement rapide dans les horizons organiques, l'importance de la dispersion et de la dilution augmenterait.

RECHERCHES FUTURES -- RECOMMANDATIONS

Les résultats obtenus dans les expériences effectuées au cours de la présente étude ont montré que les sédiments riches en matières organiques peuvent effectivement atténuer certains contaminants potentiels dans l'eau de percolation d'une décharge contrôlée. De plus, les expériences d'élution ont montré jusqu'à quel point les processus d'atténuation sont réversibles. On recommande d'effectuer des expériences similaires sur le terrain en utilisant des techniques à système fermé pour s'assurer que l'eau de percolation ne libère pas de gaz ou n'entre pas en contact avec l'atmosphère. Dans ces conditions, il est possible qu'on obtienne des résultats différents pour certains éléments tels que le fer et peut-être pour d'autres métaux à l'état de traces. La recherche future doit aussi porter sur la définition des mécanismes impliqués dans le processus d'atténuation et les conditions géochimiques dans lesquelles ces processus se produisent.

REFERENCES

Casagrande, D.J. et L.D. Erchull. 1976. Metals in Okefenokee peat-forming environments: relation to constituents found in coal. Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 40, pp. 387-393.

Casagrande, D.J. et L.D. Erchull. 1977. Metals in plants and waters in the Okefenokee swamp and their relationship to constituents found in coal. Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 41, pp. 1391-1394.

Chapman, L.J. et D.F. Putnam. 1972. Physiography of south central and southeastern portions of southern Ontario. Ministère ontarien des Mines et des Affaires du Nord, cartes 2226 et 2227.

Cheshire, M.V., M.L. Barrow, B.A. Goodman et C.M. Mundie. 1977. Metal distribution and nature of some Cu, Mn and V complexes in humic and fulvic acid fractions of soil organic matter. Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 41, pp. 1131-1138.

Coker, W.B. 1974. Lake sediment geochemistry in the Superior province of the Canadian Shield. Thèse de doctorat non publiée, Département des sciences géologiques, université Queen's, Kingston (Ontario).

Crerar, D.A., R.K. Cormick et H.L. Barnes. 1972. Organic controls on sedimentary geochemistry of manganese. Acta Mineral. Petrogr., vol. 20, n° 2, pp. 217-226.

Davis, J.A. et J.O. Leckie. 1978. Effect of adsorbed complexing ligands on trace metal uptake by hydrous oxides. Environ. Sci. Technol., vol. 12, n° 12, pp. 1309-1315.

Foster, J.R. 1973. The efficiency of various digestion procedures on the extraction of metals from rocks and rock-forming minerals. Can. Inst. Min. Metall. Bull., vol. 66, pp. 85-92.

Frape, S.K. 1979. Interstitial waters and bottom sediment geochemistry as indicators of groundwater seepage. Thèse de doctorat non publiée, Département des sciences géologiques, université Queen's, Kingston (Ontario) 322 p.

Freeze, R.A. et J.A. Cherry. 1979. *Groundwater*. New Jersey: Prentice-Hall.

Green, J.B. et S.E. Manahan. 1977. Cupric ion binding by coal humic acids at pH's 1-3. Can. J. Chem., vol. 55, pp. 3248-3254.

Griffin, R.A., K. Cartwright, N.F. Shimp, J.D. Steele, R.R. Ruch, W.A. White, G.M. Hughes, et R.H. Gilkeson. 1976. Attenuation of pollutants in municipal landfill leachate by clay minerals; Part 1 - Column leaching and field verification. Ill. State Geol. Surv. EGN 78.

Haan, F.A.M. et D.J. Zwerman. 1976. Pollution of soil. *Dans* Soil Chemistry A -- Basic Elements, Developments in Soil 5A. Bolt, G.H. et M.G.M. Bruggenwart (réds.), pp. 192-263.

Hem, J.D. 1970. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 2e éd. U.S.Geol. Surv. Water-Supply Pap. 1473.

Hesse, P.R. 1971. *A Textbook of Soil Chemical Analysis*. London: John Murray Publishers Ltd.

Kaila, A. 1956. Determination of the degree of humification in peat samples. J. Sci. Agric. Soc., Finl., vol. 23, pp. 18-35.

Levanidov, L. Ya. 1957. Manganese in the geochemical landscape of the South Ural forest-steppe. Uch. Zap. Chelyab. Otdel. Geograf. Obshchestva, SSSR, pp. 137-143.

Liberty, B.A. 1960. Belleville and Wellington map-areas, Ontario. Geol. Surv. Can. Pap. 60-31.

McNeely, R.N., V.P. Neimanis et L. Dwyer. 1979. Références sur la qualité des eaux - Guide des paramètres de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Ottawa.

Mirynech, E. 1962. Pleistocene geology of the Trenton-Campbellford map-area, Ontario. Thèse de doctorat, université de Toronto.

Picard, G.L. et G.T. Felbeck Jr. 1976. The complexation of iron by marine humic acid. Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 40, pp. 1347-1350.

Rashid, M.A. 1974. Adsorption of metals on sedimentary and peat humic acids. Chem. Geol., vol. 13, pp. 115-123.

Reuter, J.H. et E.M. Perdue. 1977. Importance of heavy metal-organic matter interactions in natural waters. Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 41, pp. 325-334.

Richards, N.R. et F.F. Morwick. 1948. Soil survey of Prince Edward County. Rapport n° 10 de l'Ontario Soil Survey.

Rukavina, N.A. et G.A. Duncan. 1970. F.A.S.T. - Fast analysis of sediment texture. Proc. 13th Conf. Great Lakes Research, Int. Assoc. Great Lakes Research, pp. 274-281.

Senesi, N., S.M. Griffith, M. Schnitzer et M.G. Townsend. 1977. Binding of Fe^{3+} by humic materials. Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 41, pp. 969-976.

Szalay, A. 1973. Retention of micronutrient cations by humic acids and deficiency of plants on peat soils. *Dans* Advances in Organic Geochemistry, Pergamon, Oxford, B. Tissot et F. Bienner (réds.), pp. 841-848.

Szalay, A. et M. Szilagyi. 1968. Accumulation of microelements in peat humic acids and coal. *Dans* Advances in Organic Geochemistry, Pergamon, Oxford, P.A. Scheneck et I. Havenaar (réds.), pp. 567-578.

Watt, W.E., W.A. Gorman et J.W. Ambrose. 1973. Groundwater resources of Prince Edward County. Université Queen's, Kingston (Ontario).

ANNEXE A

CALCULS DE LA CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE DE CERTAINES COLONNES DE SÉDIMENTS

Tableau A-1

Colonne	Conductivité hydraulique Q cm^3/s	Conductivité hydraulique K cm/s	Temps écoulé depuis le commencement de l'élution
S3	0.008	1.47×10^{-4}	46 min
	0.010	1.84×10^{-4}	126 min
	0.010	1.84×10^{-4}	197 min
	0.015	2.75×10^{-4}	265 min
	0.013	2.39×10^{-4}	337 min
Moyenne	0.011	2.06×10^{-4}	
S5	4.55	8.19×10^{-2}	10 min
	4.65	8.37×10^{-2}	14 min
	4.76	8.57×10^{-2}	16 min
	4.35	7.83×10^{-2}	28 min
	4.35	7.83×10^{-2}	36 min
	4.26	7.67×10^{-2}	50 min
	4.08	7.34×10^{-2}	54 min
	4.08	7.34×10^{-2}	64 min
	4.00	7.20×10^{-2}	68 min
	3.85	6.93×10^{-2}	72 min
	3.85	6.93×10^{-2}	76 min
Moyenne	4.25	7.65×10^{-2}	
S6	16.67	3.00×10^{-1}	1 min
	14.29	2.57×10^{-1}	2 min 10 s
	14.29	2.57×10^{-1}	3 min 20 s
	14.29	2.57×10^{-1}	4 min 30 s
	14.29	2.57×10^{-1}	5 min 40 s
Moyenne	14.77	2.57×10^{-1}	

Tableau A-1. (suite)

Colonne	Conductivité hydraulique Q cm^3/s	Conductivité hydraulique K cm/s	Temps écoulé depuis le commencement de l'élution
S8	4.17	7.51×10^{-2}	10 min
	2.70	4.86×10^{-2}	16 min 10 s
	3.23	5.81×10^{-2}	21 min 20 s
	3.03	5.45×10^{-2}	26 min 50 s
	3.13	5.63×10^{-2}	32 min 10 s
	3.13	5.63×10^{-2}	37 min 30 s
	3.03	5.45×10^{-2}	43 min 0 s
	3.03	5.45×10^{-2}	48 min 30 s
	3.33	5.99×10^{-2}	53 min 30 s
	2.22	4.00×10^{-2}	60 min 0 s
	5.26	9.47×10^{-2}	63 min 10 s
	4.17	7.51×10^{-2}	67 min 30 s
	3.85	6.93×10^{-2}	71 min 50 s
	3.70	6.66×10^{-2}	76 min 20 s
	3.70	6.66×10^{-2}	80 min 50 s
	3.70	6.66×10^{-2}	85 min 25 s
	4.17	7.51×10^{-2}	67 min 30 s
	3.85	6.93×10^{-2}	71 min 50 s
	3.70	6.66×10^{-2}	76 min 20 s
	3.70	6.66×10^{-2}	80 min 50 s
	3.70	6.66×10^{-2}	85 min 25 s
	3.33	5.99×10^{-2}	90 min 25 s
	3.70	6.66×10^{-2}	94 min 55 s
	3.75	6.75×10^{-2}	99 min 22 s
	3.05	5.49×10^{-2}	104 min 50 s
	3.33	5.99×10^{-2}	109 min 50 s
	3.03	5.45×10^{-2}	115 min 20 s
	3.45	6.21×10^{-2}	120 min 10 s
	3.03	5.45×10^{-2}	125 min 40 s
	3.64	6.55×10^{-2}	130 min 15 s
	3.70	6.66×10^{-2}	144 min 20 s
	2.94	5.29×10^{-2}	160 min 40 s
	3.85	6.93×10^{-2}	166 min 0 s
	3.33	5.99×10^{-2}	171 min 0 s
	3.28	5.90×10^{-2}	176 min 5 s
	3.45	6.21×10^{-2}	180 min 55 s
	3.39	6.10×10^{-2}	185 min 50 s
	3.45	6.21×10^{-2}	190 min 40 s
	3.57	6.43×10^{-2}	195 min 20 s
	3.33	5.99×10^{-2}	200 min 20 s
	3.45	6.21×10^{-2}	205 min 10 s
	3.13	5.63×10^{-2}	210 min 30 s
	2.86	5.15×10^{-2}	216 min 20 s
	3.33	5.99×10^{-2}	221 min 20 s
	2.99	5.38×10^{-2}	226 min 55 s
	3.45	6.21×10^{-2}	231 min 45 s
	3.57	6.43×10^{-2}	236 min 25 s
	3.57	6.43×10^{-2}	241 min 5 s
	3.77	6.79×10^{-2}	245 min 20 s
Moyenne	3.41	6.14×10^{-2}	

ANNEXE B

CALCULS DE LA SATURATION EN CALCITE ET EN DOLOMITE DES EAUX SOUTERRAINES DE BIG SWAMP

L'intensité ionique des eaux souterraines de Big Swamp est une moyenne définie par l'équation :

$$I = 1/2 \; \Sigma \; Z_i^2 \cdot C_i$$

où I = l'intensité ionique des eaux souterraines,
Z_i = la charge de chaque type d'ion, et
C_i = la concentration de chaque type d'ion en moles par litre.

L'intensité ionique des eaux souterraines utilisée dans le calcul de l'équation précédente est égale à 2×10^{-2} mol/L. Les valeurs suivantes sont les coefficients d'activité du bicarbonate, du calcium et du magnésium, lesquels ont été calculés à l'aide de l'équation augmentée de Debye-Hückel :

$$\gamma_{HCO_3^-} = 0.90$$
$$\gamma_{Ca^{2+}} = 0.68$$
$$\gamma_{Mg^{2+}} = 0.69$$

Les produits théoriques d'association de l'ionisation à 25°C pour la calcite et la dolomite sont respectivement 0.955×10^2 et 0.912×10^4, et sont calculés à l'aide des équations suivantes :

$$CaCO_3 + H^+ \rightleftharpoons HCO_3^- + Ca^{2+}$$
$$CaMg(CO_3)_2 + 2H^+ \rightleftharpoons 2HCO_3^- + Ca^{2+} + Mg^{2+}$$

Tableau B-1. Concentrations ioniques dans les eaux souterraines de Big Swamp, le 20 septembre 1977

	Mesures sur le terrain				Produits de solubilité calculés (K)	
Puits	pH	HCO_3^- ($X10^{-3}$ mol/L)	Ca^{2+} ($X10^{-3}$ mol/L)	Mg^{2+} ($X10^{-4}$ mol/L)	$CaCO_3$ (calc. $X10^2$)	$CaMg(CO_3)_2$ (calc. $X\ 10^4$)
1	7.5	6.03	2.98	7.00	3.81	3.49
2	7.6	4.20	3.25	13.99	3.64	5.84
3	7.5	6.08	2.55	9.05	3.28	3.92
4	7.6	5.80	3.38	9.47	5.23	5.26
5	7.9	4.84	4.95	17.28	12.75	58.15
6	7.8	6.72	3.40	7.82	9.66	21.99
7	7.8	4.75	2.88	7.41	5.78	8.82
8	–	–	–	–	–	–
9	7.9	6.31	3.15	6.58	10.58	23.95
10	7.5	5.20	2.33	6.17	2.57	1.79
11	7.6	4.75	3.58	9.05	4.54	5.33
12	7.7	4.00	4.05	8.64	5.44	6.47
13	7.9	4.00	4.43	10.29	9.43	21.18
14	7.4	8.39	2.75	9.88	3.89	5.56
15	7.4	6.87	4.80	10.29	5.55	6.76
16	7.8	5.28	1.40	13.99	3.12	9.99
17	7.6	5.11	2.73	6.17	3.72	3.20
18	7.6	6.39	3.80	6.58	6.48	7.45
19	7.6	4.80	1.73	6.58	2.22	1.91
20	7.5	6.84	2.65	8.23	3.84	4.69
21	7.6	5.16	1.25	7.82	1.72	1.90
22	7.7	4.75	1.80	18.11	2.87	8.51
23	7.6	7.64	4.20	8.23	8.56	14.70
24	7.6	5.48	1.80	9.47	2.63	13.73

Tableau B-2. Concentrations ioniques dans les eaux souterraines de Big Swamp, le 19 octobre 1977

Puits	Mesures sur le terrain				Produits de solubilité calculés (K)	
	pH	HCO_3^- ($\times 10^{-3}$ mol/L)	Ca^{2+} ($\times 10^{-3}$ mol/L)	Mg^{2+} ($\times 10^{-4}$ mol/L)	$CaCO_3$ (calc. $\times 10^2$)	$CaMg(CO_3)_2$ (calc. $\times 10^4$)
1	7.9	6.72	2.63	6.58	9.41	22.68
2	7.9	4.39	1.18	10.29	2.75	6.79
3	7.8	6.23	2.13	8.64	5.61	13.08
4	7.9	6.39	2.25	8.23	7.65	21.95
5	8.0	4.90	1.30	11.93	4.27	17.13
6	8.0	7.05	2.58	6.58	12.19	38.81
7	7.9	5.00	1.78	6.58	4.47	8.50
8	–	–	–	–	–	–
9	8.0	6.39	2.43	5.35	10.41	24.42
10	8.0	5.48	2.05	5.35	7.52	15.15
11	8.0	5.20	1.85	6.17	6.57	14.20
12	7.6	4.08	1.58	4.53	1.72	0.87
13	7.8	4.20	1.58	5.35	2.81	2.73
14	–	–	2.00	6.58	–	–
15	7.4	6.87	2.65	6.58	3.06	2.39
16	7.8	4.80	1.73	6.58	3.51	4.80
17	7.4	5.16	2.13	4.94	1.85	0.81
18	7.5	6.00	2.68	4.53	3.40	2.01
19	7.6	4.56	1.50	7.00	1.82	1.59
20	7.7	5.72	2.78	8.23	5.34	8.65
21	7.8	4.89	1.80	7.82	3.72	6.16
22	8.1	4.48	0.95	13.99	3.59	19.45
23	7.8	6.59	2.98	5.35	8.30	12.68
24	7.8	5.48	2.35	6.58	5.44	8.53

ANNEXE C

INDICE DES PYROPHOSPHATES - CLASSIFICATION HISTOSOL DE CERTAINS SÉDIMENTS ORGANIQUES DE BIG SWAMP

Tableau C-1. Sédiments non contaminés

Code de l'échantillon	Valeur de l'indice des pyrophosphates	Teinte Munsell	Valeur de notation des couleurs/chroma	Classification histosol
S5-1-1	3	10 JR	7/4	saprique/hémique
S5-1-2	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S5-1-3	6	10 JR	8/2	till argileux
S6-1-1	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-2	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-3	1	10 JR	3/2	saprique
S7-1-1	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-2	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-3	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S8-1-1	1	10 JR	4/3	saprique
S8-1-2	2	10 JR	5/3	saprique
S8-1-3	2	10 JR	5/3	saprique

Tableau C-2. Sédiments contaminés

Code de l'échantillon	Valeur de l'indice des pyrophosphates	Teinte Munsell	Valeur de notation des couleurs/chroma	Classification histosol
S5-1-0-2	3	10 JR	7/4	saprique/hémique
S5-1-2-4	3	10 JR	7/4	saprique/hémique
S5-1-4-6	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S5-1-6-8	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S5-1-8-10	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S5-1-10-12	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S5-1-12-14	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S5-1-14-16	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S5-1-16-18	3	10 JR	7/4	saprique/hémique
S5-1-18-20	6	10 JR	8/2	till argileux
S5-1-20-22	6	10 JR	8/2	till argileux
S5-1-22-24	6	10 JR	8/2	till argileux
S5-1-24-26	6	10 JR	8/2	till argileux
S5-1-26-28	–	–	–	–
S5-1-28-30	–	–	–	–
S6-1-0-2	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-2-4	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-4-6	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-6-8	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-8-10	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-10-12	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-12-14	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-14-16	1	10 JR	4/3	saprique

Tableau C-2. (suite)

Code de l'échantillon	Valeur de l'indice des pyrophosphates	Teinte Munsell	Valeur de notation des couleurs/chroma	Classification histosol
S6-1-16-18	2	10 JR	6/4	saprique
S6-1-18-20	1	10 JR	4/3	saprique
S6-1-20-22	1	10 JR	3/2	saprique
S6-1-22-24	1	10 JR	3/2	saprique
S6-1-24-26	1	10 JR	3/2	saprique
S6-1-26-28	–	–	–	–
S6-1-28-30	–	–	–	–
S7-1-0-2	4	10 JR	7/3	saprique/hémique
S7-1-2-4	3	10 JR	6/3	saprique/hémique
S7-1-4-6	4	10 JR	7/3	saprique/hémique
S7-1-6-8	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-8-10	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-10-12	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-12-14	3	10 JR	7/4	saprique/hémique
S7-1-14-16	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-16-18	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-18-20	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-20-22	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-22-24	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-24-26	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-26-28	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S7-1-28-30	2	10 JR	6/4	saprique/hémique
S8-1-0-2	1	10 JR	4/3	saprique
S8-1-2-4	1	10 JR	4/3	saprique
S8 1-4-6	2	10 JR	5/3	saprique
S8-1-6-8	2	10 JR	5/3	saprique
S8-1-8-10	–	–	–	–
S8-1-10-12	–	–	–	–
S8-1-12-14	1	10 JR	4/3	saprique
S8-1-14-16	1	10 JR	4/3	saprique
S8-1-16-18	2	10 JR	5/3	saprique
S8-1-18-20	2	10 JR	5/3	saprique
S8-1-20-22	2	10 JR	5/3	saprique
S8-1-22-24	2	10 JR	5/3	saprique
S8-1-24-26	2	10 JR	5/3	saprique
S8-1-26-28	2	10 JR	5/3	saprique
S8-1-28-30	2	10 JR	5/3	saprique

ANNEXE D

RAPPORT DES CONCENTRATIONS INITIALES AUX CONCENTRATIONS FINALES (C/C_o) POUR LES EXPÉRIENCES DE CONTAMINATION DES SÉDIMENTS

Rapport d'atténuation de l'eau de percolation (C/C_o)

Échantillon	HCO3	MG	NA	CA	K	FE	MN	CL	NO3	NH4	SO4	PO4
3UCI25	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.02
3UCI26	0.00	0.26	0.22	1.76	0.13	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
3UCI31	0.41	0.28	0.43	1.13	0.01	0.01	0.04	0.76	0.00	0.00	1.00	1.00
3NUV01	0.46	0.00	0.64	1.20	0.01	0.03	0.09	0.89	0.00	0.00	0.00	0.52
3NUV15	0.37	0.26	0.76	1.09	0.01	0.00	0.21	0.95	0.00	0.00	0.33	0.24
3NUV16	0.46	0.30	1.04	1.00	0.01	0.02	0.39	0.98	0.00	0.00	0.25	0.18
3NUV17	0.50	0.32	0.93	1.39	0.02	0.01	0.66	1.00	0.00	0.00	0.25	0.25
3NUV18	0.41	0.34	0.96	1.27	0.02	0.01	0.77	0.98	0.00	0.00	0.19	0.18
3NUV19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
3NUV20	0.60	0.36	1.05	1.24	0.04	0.03	0.92	1.11	0.00	0.00	0.00	0.50
3NUV25	0.00	0.35	1.10	1.13	0.06	0.10	0.35	1.00	0.00	0.00	0.00	1.20
3NUV26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
3NUV27	0.64	0.33	1.06	1.41	0.06	0.10	1.40	1.03	0.00	0.00	0.57	1.00
3UECU6	0.60	0.33	1.18	1.36	0.07	0.05	2.65	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3UECU7	0.00	0.37	1.17	1.35	0.00	0.05	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3UECU8	0.00	0.38	1.08	1.36	0.07	0.10	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3JAN17	0.00	0.44	0.00	1.04	0.00	0.02	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3JAN19	0.00	0.47	0.00	1.18	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3JAN20	0.00	0.51	0.00	1.22	0.00	0.02	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3JAN21	0.00	0.52	0.00	1.61	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3FEB09	0.00	0.44	0.00	1.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3FEB10	0.00	0.48	0.00	1.13	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3FEB11	0.00	0.50	0.00	1.12	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3FEB12	0.00	0.55	0.00	1.27	0.00	0.06	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3FEB13	0.00	0.57	0.00	1.38	0.00	0.04	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4UCI25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4UCI26	0.47	0.06	0.02	0.35	0.00	0.00	0.00	1.42	0.00	0.00	0.00	0.04
4UCI31	0.05	0.18	0.05	0.78	0.01	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	1.00	0.32
4NUV01	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.48
4NUV15	0.11	0.16	0.05	0.61	0.01	0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.13	0.47
4NUV16	0.16	0.23	0.85	0.46	0.01	0.00	1.68	1.02	0.00	0.00	0.13	0.35
4NUV17	0.26	0.24	0.96	0.87	0.07	0.01	1.32	1.02	0.00	0.00	0.50	0.25
4NUV18	0.33	0.11	1.03	0.77	0.06	0.03	1.09	1.02	0.00	0.00	0.19	0.27
4NUV19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4NUV20	0.48	0.29	1.02	0.88	0.02	0.02	0.92	1.16	0.00	0.00	1.00	2.00
4NUV25	0.59	0.33	1.12	1.16	0.06	0.11	1.26	1.11	0.00	0.00	1.00	1.42
4NUV26	0.63	0.30	1.17	1.29	0.07	0.40	2.24	1.03	0.00	0.00	1.00	0.83
4NUV27	0.65	0.42	1.14	1.46	0.06	0.50	2.90	1.03	0.00	0.00	1.00	0.71
4UECU6	0.50	0.49	1.17	1.27	0.07	0.05	1.61	1.00	0.00	0.00	0.57	0.00
4UECU7	0.51	0.50	1.05	1.17	0.07	0.03	0.89	1.00	0.00	0.00	0.57	0.00
4UECU8	0.61	0.55	1.30	1.24	0.07	0.11	1.22	1.00	0.00	0.00	1.33	0.00
4JAN17	0.00	0.62	0.00	0.73	0.03	0.02	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4JAN19	0.00	0.75	0.00	1.20	0.05	0.02	4.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4JAN20	0.00	0.75	0.00	1.07	0.02	0.02	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4JAN21	0.00	0.70	0.00	1.21	0.03	0.02	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4FEB09	0.00	0.57	0.00	0.74	0.03	0.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4FEB10	0.00	0.61	0.00	0.83	0.03	0.02	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4FEB11	0.00	0.70	0.00	1.02	0.08	0.02	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4FEB12	0.00	0.67	0.00	0.96	0.06	0.02	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4FEB13	0.00	0.71	0.00	1.10	0.06	0.02	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36
5UCI25	0.04	0.37	0.08	0.87	0.09	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.21
5UCI26	0.57	0.43	0.17	1.71	0.06	0.01	0.15	0.55	0.00	0.00	1.00	2.27
5UCI31	0.64	0.58	0.30	1.43	0.07	0.03	1.38	0.54	0.00	0.00	0.00	0.57
5NUV01	0.64	2.17	0.43	1.59	0.07	0.02	1.25	0.75	0.00	0.00	0.13	0.94
5NUV15	0.82	0.74	0.50	1.87	0.10	0.02	3.04	0.81	0.00	0.00	0.13	0.65
5NUV16	0.78	0.66	0.91	1.05	0.12	0.06	2.64	0.93	0.00	0.00	2.88	0.88
5NUV17	0.74	0.60	0.70	0.80	0.17	0.05	2.26	1.00	0.00	0.00	0.63	1.00
5NUV18	0.68	0.28	0.72	1.38	0.18	0.03	2.10	0.98	0.00	0.00	7.50	3.33
5NUV19	0.78	0.63	0.81	1.67	0.13	0.47	2.25	1.05	0.00	0.00	7.50	6.00
5NUV20	0.75	0.64	0.86	1.48	0.21	0.27	2.00	1.16	0.00	0.00	3.25	3.00
5NUV25	0.71	0.57	0.84	1.52	0.23	0.13	1.91	1.08	0.00	0.00	6.25	2.33
5NUV26	0.82	0.52	0.96	1.82	0.27	1.60	2.38	1.05	0.00	0.00	6.25	1.71
5NUV27	0.79	0.58	0.91	1.67	0.29	1.45	2.30	1.00	0.00	0.00	1.05	0.00
5UECU6	0.82	0.60	1.02	1.61	0.40	0.70	2.17	1.05	0.00	0.00	0.50	0.00
5UECU7	0.80	0.57	0.97	1.39	0.40	0.63	1.22	1.00	0.00	0.00	1.33	0.00
5UECU8	0.83	0.59	1.00	1.45	0.43	0.23	1.78	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5JAN17	0.00	0.97	0.00	1.76	0.52	0.09	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5JAN19	0.00	0.96	0.00	1.84	0.63	0.03	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5JAN20	0.00	0.90	0.00	1.53	0.68	0.02	1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5JAN21	0.00	0.85	0.00	1.87	0.66	0.02	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5FEB09	0.00	0.90	0.00	1.70	0.66	0.10	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5FEB10	0.00	0.86	0.00	1.66	0.67	0.06	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5FEB11	0.00	0.79	0.00	1.62	0.68	0.03	1.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5FEB12	0.00	0.74	0.00	1.39	0.67	0.09	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5FEB13	0.00	0.73	0.00	1.48	0.69	0.06	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Rapport d'atténuation de l'eau de percolation (C/C_O)

Échantillon	HCO3	MG	NA	CA	K	FE	MN	CL	NO3	NH4	SO4	PO4
6OCT25	0.54	0.11	0.34	0.66	0.06	0.04	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.58
6OCT26	0.38	0.15	0.09	1.55	0.04	0.02	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.28
6OCT31	0.41	0.19	0.17	1.09	0.04	0.03	0.29	0.43	0.00	0.00	1.00	2.71
6NOV01	0.41	0.20	0.28	1.32	0.07	0.11	0.23	0.64	0.00	0.00	0.00	1.76
6NOV15	0.41	0.24	0.35	1.43	0.12	0.02	0.43	0.79	0.00	0.00	1.60	0.53
6NOV16	0.39	0.24	0.52	0.79	0.22	0.04	0.35	0.93	0.00	0.00	1.38	1.18
6NOV17	0.43	0.24	0.61	1.26	0.33	0.02	0.33	1.00	0.00	0.00	3.00	0.75
6NOV18	0.38	0.10	0.59	1.04	0.24	0.01	0.32	0.00	0.00	0.00	1.19	0.91
6NOV19	0.40	0.20	0.67	1.33	0.31	0.12	0.29	1.10	0.00	0.00	3.25	6.00
6NOV20	0.39	0.21	0.71	1.08	0.32	0.04	0.27	1.11	0.00	0.00	1.75	6.50
6NOV25	0.38	0.18	0.75	1.16	0.38	0.11	0.26	1.11	0.00	0.00	2.50	3.00
6NOV26	0.44	0.14	0.89	1.26	0.39	0.48	0.29	1.10	0.00	0.00	2.75	3.00
6NOV27	0.46	0.17	0.88	1.28	0.45	0.56	0.30	1.03	0.00	0.00	2.00	2.57
6DEC06	0.45	0.17	1.01	1.11	0.64	0.09	0.17	1.00	0.00	0.00	1.43	0.00
6DEC07	0.47	0.18	1.06	1.09	0.64	0.03	0.14	1.00	0.00	0.00	0.57	0.00
6DEC08	0.82	0.21	1.09	1.19	0.70	0.11	0.22	1.12	0.00	0.00	1.33	0.00
6JAN17	0.00	0.29	0.00	1.07	0.89	0.02	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6JAN19	0.00	0.30	0.00	1.11	0.98	0.02	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6JAN20	0.00	0.26	0.00	1.04	1.02	0.02	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6JAN21	0.00	0.29	0.00	1.29	1.12	0.02	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6FEB09	0.00	0.25	0.00	0.98	0.98	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6FEB10	0.00	0.28	0.00	1.06	1.11	0.02	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6FEB11	0.00	0.28	0.00	1.18	1.16	0.02	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6FEB12	0.00	0.29	0.00	1.10	1.21	0.06	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6FEB13	0.00	0.31	0.00	1.26	1.19	0.04	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7OCT25	0.57	0.31	0.03	0.81	0.16	0.01	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.20
7OCT26	0.58	0.36	0.11	1.80	0.07	0.01	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.05
7OCT31	0.67	0.42	0.14	1.30	0.04	0.02	1.96	0.48	0.00	0.00	1.25	0.44
7NOV01	0.65	0.51	0.27	1.73	0.06	0.13	1.54	0.72	0.00	0.00	0.00	0.62
7NOV15	0.89	0.69	0.40	2.26	0.12	0.01	4.11	0.81	0.00	0.00	1.60	0.77
7NOV16	0.79	0.59	0.54	1.18	0.00	0.11	3.05	0.95	0.00	0.00	1.44	0.71
7NOV17	0.76	0.56	0.59	1.78	0.00	0.01	2.95	1.02	0.00	0.00	1.88	0.88
7NOV18	0.69	0.26	0.63	1.50	0.00	0.03	3.10	0.00	0.00	0.00	1.13	0.55
7NOV19	0.78	0.58	0.79	1.86	0.00	0.39	2.71	1.10	0.00	0.00	3.38	2.67
7NOV20	0.75	0.53	0.76	1.48	0.00	0.23	2.58	1.13	0.00	0.00	3.00	4.00
7NOV25	0.72	0.52	0.81	1.64	0.00	1.22	2.78	1.08	0.00	0.00	3.50	2.40
7NOV26	0.83	0.49	0.97	1.89	0.00	2.80	3.05	1.03	0.00	0.00	3.00	1.67
7NOV27	0.77	0.46	1.05	1.77	0.00	0.50	3.05	1.00	0.00	0.00	3.25	1.71
7DEC06	0.80	0.51	1.02	1.66	0.00	0.54	2.91	1.00	0.00	0.00	1.29	0.00
7DEC07	0.78	0.50	1.32	1.48	0.00	0.64	1.65	0.95	0.00	0.00	0.42	0.00
7DEC08	0.80	0.49	0.99	1.52	0.00	0.11	2.91	1.07	0.00	0.00	1.33	0.00
7JAN17	0.00	0.84	0.00	1.80	0.00	0.08	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7JAN19	0.00	0.85	0.00	1.89	0.00	0.05	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7JAN20	0.00	0.81	0.00	1.76	0.00	0.02	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7JAN21	0.00	0.74	0.00	1.95	0.00	0.03	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7FEB09	0.00	0.78	0.00	1.64	0.54	0.08	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7FEB10	0.00	0.75	0.00	1.68	0.67	0.04	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7FEB11	0.00	0.70	0.00	1.67	0.66	0.05	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7FEB12	0.00	0.64	0.00	1.41	0.70	0.09	1.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7FEB13	0.00	0.63	0.00	1.57	0.71	0.06	1.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8OCT25	0.57	0.25	0.05	0.82	0.09	0.04	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.48
8OCT26	0.52	0.29	0.08	1.71	0.10	0.01	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.32
8OCT31	0.54	0.02	0.11	1.39	0.03	0.01	0.96	0.45	0.00	0.00	1.00	3.88
8NOV01	0.57	0.42	0.19	1.73	0.06	0.05	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	2.38
8NOV15	0.67	0.50	0.27	2.00	0.06	0.02	2.28	0.81	0.00	0.00	0.73	0.71
8NOV16	0.69	0.50	0.37	1.15	0.09	0.04	2.48	0.98	0.00	0.00	0.38	0.65
8NOV17	0.66	0.48	0.48	1.78	0.10	0.02	3.50	1.05	0.00	0.00	1.00	0.69
8NOV18	0.58	0.19	0.57	1.42	0.12	0.01	1.85	0.00	0.00	0.00	0.38	0.55
8NOV19	0.66	0.83	0.67	1.71	0.15	0.19	1.88	1.08	0.00	0.00	4.25	4.33
8NOV20	0.65	0.42	0.71	1.44	0.18	0.13	1.58	1.11	0.00	0.00	2.50	4.50
8NOV25	0.61	0.37	0.69	1.52	0.19	0.11	1.69	1.13	0.00	0.00	2.00	1.80
8NOV26	0.69	0.35	0.88	1.74	0.25	0.56	2.00	1.05	0.00	0.00	2.50	2.33
8NOV27	0.67	0.35	0.93	1.61	0.28	0.70	1.95	1.03	0.00	0.00	2.88	2.14
8DEC06	0.68	0.35	0.99	1.43	0.40	0.05	1.78	1.00	0.00	0.00	1.71	0.00
8DEC07	0.66	0.34	0.95	1.26	0.43	0.03	0.97	0.95	0.00	0.00	1.33	0.00
8DEC08	0.68	0.34	0.92	1.36	0.46	0.11	1.48	1.02	0.00	0.00	1.33	0.00
8JAN17	0.00	0.68	0.00	1.82	0.54	0.09	1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8JAN19	0.00	0.68	0.00	1.98	0.75	0.07	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8JAN20	0.00	0.64	0.00	1.71	0.88	0.05	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8JAN21	0.00	0.53	0.00	1.74	0.76	0.03	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8FEB09	0.00	0.61	0.00	1.66	0.80	0.12	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8FEB10	0.00	0.60	0.00	1.68	0.92	0.11	1.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8FEB11	0.00	0.55	0.00	1.64	0.90	0.05	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8FEB12	0.00	0.47	0.00	1.24	0.90	0.19	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8FEB13	0.00	0.44	0.00	1.31	0.89	0.08	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANNEXE E

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES DE REMOBILISATION DES CONTAMINANTS UTILISANT L'EAU DE PLUIE SIMULÉE

Le présent tableau renferme les résultats analytiques pour tous les échantillons prélevés lors des expériences de remobilisation.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX DE LA REMOBILISATION PAR L'EAU DE PLUIE

Code de l'échantillon	Nbre de litres	Temps (min)	1er sondage du rH	2e sondage du rH	3e sondage du rH	1er sondage du pH	2e sondage du pH	CA	MG	NA	K
								MG/LITRE			
S5-000		0.08	220	220		5.7	6.0				
S5-001	00	0.00	220	220		5.8	6.1	14.0	0.1	1.0	0.5
S5-002		0.50	220	220		5.8	6.0				
S5-003		0.80	220	220		5.9	6.0				
S5-004		1.00	220	220		6.1	6.0				
S5-005		1.25	220	220		6.2	6.0				
S5-006		1.42	220	220		6.3	6.1				
S5-007		1.50	220	220		6.3	6.1				
S5-008		1.67	220	220		6.3	6.1				
S5-009		1.75	220	220		6.3	6.1				
S5-010		1.92	220	220		6.4	6.1				
S5-011		2.17	220	220		6.4	6.1				
S5-012		2.42	220	220		6.4	6.1				
S5-013		2.58	220	220		6.4	6.1				
S5-014		2.75	220	220		6.4	6.1				
S5-015	01	3.17	220	220		6.2	6.2	70.0	10.2	70.0	17.5
S5-016		3.67	225	220		6.0	6.2				
S5-017		4.33	230	220		5.9	6.2				
S5-018		4.83	232	220		5.9	6.3				
S5-019		5.50	235	220		5.9	6.3				
S5-020		6.17	237	220		5.9	6.4				
S5-021	02	6.50	237	217		5.9	6.4	10.0	18.0	10.0	25.7
S5-022		6.83	237	217		5.9	6.4				
S5-023		7.58	240	210		5.9	6.5				
S5-024		8.33	240	215		5.9	6.5				
S5-025		9.00	240	215		5.9	6.5				
S5-026		9.50	240	210		5.9	6.5				
S5-027	03	9.83						90.0	14.5	92.0	24.5
S5-028		10.00	242	212		5.9	6.6				
S5-029		12.00	245	215		5.9	6.6				
S5-030	04	13.42						65.0	9.9	79.0	20.0
S5-031		14.00	250	215		5.8	6.7				
S5-032		14.00	255	217		5.8	6.7				
S5-033	05	16.92						48.0	7.6	65.0	17.7
S5-034		18.00	257	217		5.8	6.8				
S5-035		20.00	260	220		5.7	6.8				
S5-036	06	20.83						40.0	6.3	57.0	16.0
S5-037		22.00	260	220		5.7	6.8				
S5-038		24.00	260	220		5.7	6.8				
S5-039	07	24.55						33.5	5.1	49.0	14.2
S5-040		26.00	260	220		5.7	6.8				
S5-041		28.00	260	220		5.8	6.8				
S5-042	08	28.75						28.5	4.4	42.0	13.4
S5-043		30.00	260	220		5.9	6.8				
S5-044		32.00	262	220		5.9	6.9				
S5-045	09	32.50						25.0	3.7	38.0	11.8
S5-046		34.00	265	220		5.8	6.9				
S5-047		36.00	262	220		5.7	6.9				
S5-048	10	36.33						23.5	3.3	36.0	11.2
S5-049		38.00	262	220		5.9	6.9				
S5-050		40.00	262	222		5.7	6.9				
S5-051	11	40.08						21.0	2.9	32.0	10.4
S5-052		42.00	262	222		5.7	7.0				

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX DE LA REMOBILISATION PAR L'EAU DE PLUIE

Code de l'échantillon	Nbre de litres	Temps (min)	1er sondage du rH	2e sondage du rH	3e sondage du rH	1er sondage du pH	2e sondage du pH	CA	MG	NA	K
									MG/LITRE		
S5-C53	12	43.83						20.0	2.1	30.0	9.1
S5-C54		44.00	262	222		5.7	7.0				
S5-C55		46.00	265	225		5.7	7.0	19.0	2.5	29.0	9.5
S5-C56	13	47.92									
S5-C57		48.00	262	227		5.7	7.0				
S5-C58		50.00	262	227		5.7	7.0	13.0	2.3	27.0	9.3
S5-C59	14	51.83									
S5-C60		52.00	262	230		5.7	7.0				
S5-C61		54.00	269	230		5.7	7.0	16.5	2.2	25.0	9.3
S5-C62	15	55.92									
S5-C63		56.00	262	230		5.7	7.0				
S5-C64		58.00	265	230		5.7	7.0				
S5-C65		60.00	265	230		5.7	7.0	16.0	2.1	24.0	9.3
S5-C66	16	60.67									
S5-C67		62.00	265	230		5.7	7.0				
S5-C68		64.00	265	300		5.7	7.0	16.0	2.0	23.0	7.9
S5-C69	17	64.45									
S5-C70		66.00	265	228		5.8	7.0				
S5-C71		68.00	265	225		5.7	7.0	15.0	2.0	22.0	8.8
S5-C72	18	68.92									
S5-C73		70.00	265	225		5.7	7.0				
S5-C74		72.00	265	222		5.7	7.1	15.0	1.9	21.0	8.7
S5-C75	19	73.25									
S5-C76		74.00	265	222		5.7	7.0				
S5-C77		76.00	265	225		5.7	7.0	14.5	1.8	20.0	7.4
S5-C78	20	77.58									
S5-C79		78.00	265	225		5.7	7.0				
S5-C80		80.00	268	225		5.7	7.0				
S5-C81		81.00				5.7	7.0				
S5-C82		82.00	270	225		5.7	7.0	14.5	1.8	20.0	7.4
S5-C83	21	82.33	260	225		5.7	7.0				
S5-C84		83.20	260	225		5.9	7.1				
S5-C85		84.00	260	230		6.1					
S5-C86		86.00	262	222		6.3					
S5-C87		86.20				6.4					
S5-C88		86.33				6.5					
S5-C89		86.42				6.7					
S5-C90		86.75				6.8					
S5-C91		86.92				6.9	7.1				
S5-C92		87.00				6.9	7.1				
S5-C93		87.42	262	230		6.6	7.1				
S5-C94		88.00	260	230		6.7	7.0				
S5-C95		88.50				6.8	7.1				
S5-C96		88.58	260	240		6.9					
S5-C97		88.92									
S5-C98		89.50	260	240		6.6	7.1	14.5	1.9	20.0	7.4
S5-C99	22	90.00	260	240		6.7	7.1	19.0	0.1	1.0	0.5
S6-C00	00	0.00	270	240		6.8	7.1	70.0	4.7	70.0	28.5
S6-C01	01	0.50	260	240		6.8	7.1				
S6-C02		0.67	260	240		6.9	7.1				
S6-C03		1.00	260	240		6.9	7.1	05.0	8.8	98.0	34.5
S6-C04	02	1.50	265	240		6.9	7.1				
S6-C05		1.75	272	240		6.8	7.1				
S6-C06		2.00	280	237		6.8	7.1				
S6-C07		2.50	280	235		6.7	7.1	08.0	9.6	09.0	41.0
S6-C08	03	2.67									
S6-C09		3.00	277	233		6.7	7.2				
S6-C10		3.50	298	230		6.6	7.2	90.0	7.3	91.0	35.0
S6-C11	04	4.00	300	230		6.6	7.2				
S6-C12		4.50	305	230		6.6	7.2				

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX DE LA REMOBILISATION PAR L'EAU DE PLUIE

Code de l'échantillon	Nbre de litres	Temps (min)	1er sondage du rH	2e sondage du rH	3e sondage du rH	1er sondage du pH	2e sondage du pH	CA	MG	NA	K
								---------MG/LITRE---------			
S6-013	05	5.50	300	223		6.5	6.9	65.0	5.4	77.0	29.0
S6-014		6.00	310	225		6.5	6.9				
S6-015	06	6.17						47.5	4.2	63.0	24.5
S6-016		7.00	320	225		6.5	6.9				
S6-017	07	7.17						39.5	3.5	56.0	22.5
S6-018		8.00	320	222		6.4	7.0				
S6-019	08	8.33						36.0	3.0	49.0	21.0
S6-020		9.00	320	220		6.4	7.0				
S6-021	09	9.33						31.0	2.6	45.0	18.0
S6-022		10.00	320	220		6.3	7.0				
S6-023		11.00	310	220		6.4	7.0				
S6-024	10	11.17						26.5	2.2	41.0	16.5
S6-025		12.00	320	220		6.5	6.9				
S6-026	11	12.33						28.5	2.4	41.0	16.5
S6-027		13.00	320	220		6.5	6.9				
S6-028	12	13.50						24.0	2.0	37.0	15.0
S6-029		14.00	337	220		6.4	6.9				
S6-030	13	14.67						21.5	1.7	33.0	13.5
S6-031		15.00	340	220		6.3	6.9				
S6-032	14	15.83						19.5	1.5	30.0	12.5
S6-033		16.00	342	220		6.2	7.0				
S6-034	15	17.00	345	220		6.1	6.9	18.5	1.5	28.0	11.2
S6-035		18.00	345	215		6.1	6.9				
S6-036	16	18.17						17.0	1.3	26.0	10.8
S6-037		19.00	345	215		6.0	6.9				
S6-038	17	19.33						16.0	1.2	25.0	10.3
S6-039		20.00	350	215		6.0	6.9				
S6-040	18	20.50						15.5	1.2	23.0	9.5
S6-041		21.00	350	215		6.0	6.9				
S6-042	19	21.67						17.0	1.2	22.0	9.3
S6-043		22.00	350	215		6.0	6.9				
S6-044	20	22.83						17.0	1.1	20.0	8.7
S6-045		23.00	355	215		6.0	6.9				
S6-046	21	24.00	355	215		5.9	6.9	16.5	1.0	20.0	8.7
S6-047		25.00	355	215		5.9	6.9				
S6-048		25.50	355	212		6.0	6.9				
S6-049		25.75	340	210		6.0	6.9				
S6-050		26.00	345	210		6.0	7.0				
S6-051	22	26.50	350	215		6.0	7.1	16.0	1.0	20.0	8.3
S6-052		27.00	360	215		6.1	7.1				
S6-053		27.50	360	215		6.1	7.2				
S6-054		28.00	355	215		6.1	7.2				
S6-055		28.50	355	215		6.1	7.2				
S6-056		29.00	355	215		6.1	7.3				
S6-057		29.50	355	215		6.2	7.3				
S6-058		30.00	355	215		6.2	7.4				

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX DE LA REMOBILISATION PAR L'EAU DE PLUIE

Code de l'échantillon	Nbre de litres	Temps (min)	1er sondage du rH	2e sondage du rH	3e sondage du rH	1er sondage du pH	2e sondage du pH	CA	MG	NA	K
								MG/LITRE			
S8-000	00	0.00						14.0	0.1	1.0	0.5
S8-001		0.50									
S8-002		1.00	240	270	180	6.7	6.7				
S8-003		1.50									
S8-004		2.00	250	270	180	6.7	6.7				
S8-005		2.50	240	270		6.7	6.7				
S8-006		3.00									
S8-007		3.50	240	270	180	6.7	6.7				
S8-008		4.00									
S8-009		4.50		265	180	6.7	6.7				
S8-010		5.00	240	260	180	6.8	6.7	47.0	4.0	57.0	18.5
S8-011	01	6.00	240	260	185	6.8	6.7				
S8-012		7.00	240	260	185	6.9	6.7				
S8-013		8.00	235	255	180	6.9	6.7				
S8-014		9.00	235	255	182	6.9	6.7	79.0	6.5	82.0	27.5
S8-015	02	10.00	235	255	180	6.9	6.7				
S8-016		11.00	230	255	180	6.9	6.7				
S8-017		12.00	230	252	180	6.9	6.7				
S8-018		13.00	230	250	180	6.9	6.7				
S8-019		14.00	230	250	180	6.9	6.7				
S8-020		15.00	230	250	180	6.9	6.8				
S8-021		16.00	230	250	180	6.9	6.8	89.0	7.4	91.0	31.0
S8-022	03	16.10									
S8-023		17.00	230	250	180	6.9	6.8				
S8-024		18.00	230	250	180	6.9	6.8				
S8-025		19.00	232	250	178	6.9	6.9				
S8-026		20.00	232	258	178	6.9	6.9	70.0	6.1	81.0	28.5
S8-027	04	21.33									
S8-028		22.00	235	258	178	6.9	6.9				
S8-029		24.00	240	258	178	6.9	6.9				
S8-030		26.00	240	260	178	6.9	6.9	52.0	4.5	71.0	25.0
S8-031	05	26.83									
S8-032		28.00	240	260	178	6.9	7.0				
S8-033		30.00	240	260	178	6.8	7.0				
S8-034		32.00	240	260	178	6.8	7.0	39.0	3.3	59.0	21.0
S8-035	06	32.17									
S8-036		34.00	240	260	178	6.8	7.0				
S8-037		36.00	240	260	178	6.8	7.0	30.0	2.5	50.0	17.5
S8-038	07	37.50									
S8-039		38.00	242	260	178	6.8	7.1				
S8-040		40.00	245	260	178	6.8	7.1				
S8-041		42.00	250	260	178	6.8	7.1	5.0	2.0	43.0	16.0
S8-042	08	43.00									
S8-043		44.00	250	262	178	6.8	7.1				
S8-044		46.00	250	262	178	6.8	7.1				
S8-045		48.00	250	262	180	6.8	7.1	1.0	1.6	37.0	14.0
S8-046	09	48.50									
S8-047		50.00	250	262	178	6.8	7.2				
S8-048		52.00	260	270	178	6.8	7.2	8.0	1.5	34.0	12.5
S8-049	10	53.50									
S8-050		54.00	260	270	180	6.8	7.4				
S8-051		56.00	260	270	180	6.8	7.4				
S8-052		58.00	262	275	180	6.8	7.5				

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX DE LA REMOBILISATION PAR L'EAU DE PLUIE

Code de l'échantillon	Nbre de litres	Temps (min)	1er sondage du rH	2e sondage du rH	3e sondage du rH	1er sondage du pH	2e sondage du pH	CA	MG	NA	K
								MG/LITRE			
S8-053	11	60.00	262	275	180	6.8	7.5	13.0	1.1	32.0	11.5
S8-054	12	62.00	260	272	180	6.8	7.5	12.0	1.0	28.0	10.5
S8-055		63.17									
S8-056		64.00	260	275	180	6.8	7.5	11.0	0.9	26.0	10.0
S8-057		66.00	260	275	180	6.8	7.5				
S8-058	13	67.50						10.0	0.8	25.0	9.5
S8-059		68.00	260	275	180	6.8	7.5				
S8-060		70.00	260	275	180	6.8	7.5				
S8-061	14	71.50						9.0	0.8	23.0	9.0
S8-062		72.00	260	275	180	6.8	7.5				
S8-063		74.00	260	275	180	6.8	7.5				
S8-064		76.00	260	275	180	6.8	7.5	9.0	0.7	23.0	8.5
S8-065	15	76.33									
S8-066		78.00	262	278	180	6.8	7.4				
S8-067		80.00	265	277	182	6.8	7.4	9.0	0.7	22.0	8.5
S8-068	16	80.83									
S8-069		82.00	265	280	182	6.8	7.4				
S8-070		84.00	270	280	185	6.8	7.4				
S8-071	17	85.42						8.0	0.7	21.0	8.0
S8-072		86.00	270	280	185	6.8	7.4				
S8-073		88.00	270	280	185	6.8	7.4				
S8-074		90.00	270	280	187	6.8	7.4	8.0	0.7	22.0	8.0
S8-075	18	90.42									
S8-076		92.00	270	280	187	6.8	7.4				
S8-077		94.00	270	280	190	6.8	7.4	8.0	0.6	20.0	8.0
S8-078	19	94.92									
S8-079		96.00	270	280	190	6.8	7.4				
S8-080		98.00	275	280	190	6.8	7.4	8.0	0.6	20.0	8.0
S8-081	20	99.27									
S8-082		100.00	275	280	190	6.8	7.4				
S8-083		102.00	277	280	190	6.8	7.4				
S8-084		104.00	277	280	190	6.8	7.4	8.0	0.6	19.0	7.5
S8-085	21	104.83									
S8-086		106.00	277	280	195	6.8	7.4				
S8-087		108.00	277	280	195	6.8	7.4	7.0	0.6	19.0	7.5
S8-088	22	109.83									
S8-089		110.00	277	280	197	6.8	7.4				
S8-090		112.00	280	280	197	6.8	7.4				
S8-091		114.00	280	280	197	6.8	7.4	7.0	0.6	17.0	7.5
S8-092	23	115.33									
S8-093		116.00	280	280	200	6.8	7.4				
S8-094		118.00	280	280	200	6.8	7.4				
S8-095		120.00	280	280	200	6.8	7.4	7.0	0.6	17.0	7.5
S8-096	24	120.17									
S8-097		122.00	280	282	200	6.8	7.4				
S8-098		124.00	282	285	200	6.8	7.4	7.0	0.6	17.0	7.5
S8-099	25	125.67									
S8-100		126.00	282	285	200	6.8	7.4				
S8-101		128.00	282	285	200	6.9	7.4				
S8-102		130.00	282	285	200	6.9	7.4	7.0	0.5	15.0	7.0
S8-103	26	130.25									
S8-104		132.00	282	287	200	6.9	7.4				
S8-105		134.00	282	287	200	6.9	7.4	7.0	0.5	15.0	7.0
S8-106	27	135.00									
S8-107		136.00	282	287	200	6.9	7.4				
S8-108		138.00	282	287	200	6.9	7.4	8.0	0.5	15.0	7.0
S8-109	28	139.83									
S8-110		140.00	285	290	200	6.9	7.4				
S8-111		142.00	282	290	202	6.9	7.4				
S8-112		144.00	287	292	205	6.9	7.4				

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX DE LA REMOBILISATION PAR L'EAU DE PLUIE

Code de l'échantillon	Nbre de litres	Temps (min)	1er sondage du rH	2e sondage du rH	3e sondage du rH	1er sondage du pH	2e sondage du pH	CA	MG	NA	N
									MG/LITRE		
S8-113	29	144.33						7.0	0.5	14.0	7.0
S8-114		146.00	287	292	205	6.9	7.4	7.0	0.5	14.0	7.0
S8-115	30	148.00	287	292	205	6.9	7.4	7.0	0.5	14.0	7.0
S8-116		150.00	287	292	205	6.9	7.4	7.0	0.5	14.0	7.5
S8-117	31	155.00	287	292	207	6.9	7.3	7.0	0.5	13.0	7.0
S8-118		160.00	287	295	207	6.9	7.3	7.0	0.5	13.0	7.0
S8-119	32	160.67						7.0	0.6	13.0	7.0
S8-120		165.00	287	295	210	6.9	7.3	7.0	0.5	12.0	7.0
S8-121	33	166.00						7.0	0.6	12.0	7.0
S8-122		170.00	287	295	210	6.9	7.2	7.0	0.5	12.0	7.0
S8-123	34	171.00						7.0	0.5	12.0	7.0
S8-124		175.00	290	295	212	7.0	7.3	7.0	0.5	11.0	7.0
S8-125	35	176.08						7.0	0.5	11.0	7.0
S8-126		180.00	290	295	215	7.0	7.3	7.0	0.5	10.0	7.0
S8-127	36	180.92						7.0	0.6	10.0	7.0
S8-128		185.00	290	295	215	7.0	7.3	7.0	0.6	10.0	6.5
S8-129	37	185.83						7.0	0.6	10.0	7.0
S8-130		190.00	290	295	215	7.0	7.3	7.0	0.6	10.0	6.5
S8-131	38	190.67						8.0	0.6	9.0	6.5
S8-132		195.00	290	295	215	7.0	7.3	8.0	0.6	8.0	6.5
S8-133	39	195.33						8.0	0.6	8.0	6.5
S8-134		200.00	292	295	215	7.0	7.3	8.0	0.7	8.0	6.5
S8-135	40	200.33									
S8-136	41	205.17	295	297	217	7.0	7.3				
S8-137	42	210.50	295	297	219	7.0	7.3				
S8-138	43	216.33	295	297	220	7.0	7.3				
S8-139	44	221.33	297	297	220	7.0	7.2				
S8-140	45	226.92	297	297	220	7.0	7.2				
S8-141	46	231.75	297	297	200	7.0	7.2				
S8-142	47	236.42	297	297	222	7.0	7.2				
S8-143	48	241.08	297	297	222	7.0	7.2				
S8-144	49	245.33	297	297	252	7.0	7.2				
S8-145	50		297	300	252	7.0	7.2				
S8-146	51	255.17	297	297	238	7.3	7.3				
S8-147		258.00	300	320	250	7.3	7.4				
S8-148		257.00	295	300	200	7.3	7.5				
S8-149		257.50	300	310	250	7.2	7.3				
S8-150		258.50	300	315	220	7.2	7.4				
S8-151		259.50	300	320	220	7.2	7.3				
S8-152		260.50	300	320	250	7.2	7.4				
S8-153		261.50	300	325	220	7.2	7.4				
S8-154		262.50	300	325	220	7.2	7.4				
S8-155		263.50	300	320	220	7.2	7.4				
S8-156		264.50	295	320	250	7.2	7.5				
S8-157		266.00				7.3	7.4				
S8-158		269.00				7.3	7.4				
S8-159		268.00				7.3	7.4				
S8-160		269.00				7.3	7.4				
S8-161		270.00				7.3	7.4				
S8-162		271.00				7.3	7.4				
S8-163		272.00				7.3	7.4				
S8-164		273.00				7.3	7.4				
S8-165		274.00									
S8-166		275.00									